

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR**

**FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES**

**ESCUELA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**Entomología Asociada al Dosel de *Theobroma cacao***

**Monografía previa a la obtención del título de Licenciado  
en Ciencias Biológicas**

**JUAN JOSÉ LECARO DÁVILA**

**Quito, 2015**



## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que la Monografía de Licenciatura en Ciencias Biológicas, del Sr. Juan José Lecaro Dávila ha sido concluida de conformidad con las normas establecidas; por lo tanto, puede ser presentada para la calificación correspondiente.

Msc. Alvaro Barragán

Quito, 27 de marzo de 2015

## TABLA DE CONTENIDO

1. RESUMEN.....	1
2. ABSTRACT.....	2
3. INTRODUCCIÓN .....	3
4. DESARROLLO TEÓRICO .....	7
4.1. <i>Theobroma Cacao</i> , Linnaeus, DESCRIPCIÓN. ....	7
4.2. ENTOMOLOGÍA ASOCIADA AL DOSEL DE <i>Theobroma cacao</i> .....	15
4.2.1 INSECTOS BENÉFICOS PRESENTES EN <i>Theobroma cacao</i> .....	15
4.2.2. PRINCIPALES INSECTOS PLAGA EN <i>Theobroma cacao</i> . ....	21
5. CONCLUSIONES .....	50
6. RECOMENDACIONES.....	52
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	54
8. FIGURAS.....	61
9. TABLAS .....	68

## FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	<b><i>Theobroma cacao</i>:</b> 1. Mazorcas sobre el tronco. 2. Inflorescencia, cojinete floral. 3. Flor. 4. Granos o pepas.....	62
<b>Figura 2.</b>	<b>Tipos de cacao comercial:</b> .....	63
<b>Figura 3.</b>	<b>Diptera, Ceratopogonidogonidae:</b> <i>Dasyhelea</i> sp.....	64
<b>Figura 4.</b>	<b>Hemiptera:</b> Monalolin sp.....	64
<b>Figura 5.</b>	<b>Lepidoptera:</b> 1. Noctuidae; 2. Totricidae; 3. Arctiidae; 4. Sesiidae; 5. Limacodidae; 6. Pterophoridae.....	65
<b>Figura 6.</b>	<b>Coleoptera:</b> <i>Xileborus</i> sp. Vista lateral y dorsal.....	66
<b>Figura 7.</b>	<b>Hymenoptera:</b> Sup: <i>Atta</i> sp.; Inf: <i>Acromyrmex</i> sp.....	67

## TABLAS

<b>Tabla 1.</b>	<b>Familia Ceratopogonidae:</b> Lista de géneros y especies estudiados respecto a la polinización de <i>Theobroma cacao</i> .....	69
<b>Tabla 2.</b>	<b>Principales plagas que atacan a <i>Theobroma cacao</i></b> .....	69

## 1. RESUMEN

El cacao se cultiva bajo sombra en ambientes de bosque tropical, lo que ha promovido una estrecha relación entre el cultivo, los árboles de sombra y la entomofauna asociada. En el cultivo de cacao existe una entomofauna diversa, algunas especies de insectos son benéficas, otras constituyen una plaga para el cultivo. La presente investigación monográfica contiene una recopilación bibliográfica de datos sobre los grupos taxonómicos de insectos presentes en el cacao.

Contiene una descripción general de los principales grupos entomológicos relacionados al cacao, procura mostrar en un principio una descripción general del cultivo y la planta de cacao como una herramienta de producción importante para grandes grupos de productores en las zonas tropicales, y particularmente procura analizar la entomofauna del dosel del cacao tanto en otros países productores como en el Ecuador, procura igualmente describir las relaciones que estos grupos entomológicos mantienen con el cacao.

**Palabras clave:** cacao, polinizador, defoliador, barrenador del fruto, plaga.

## 2. ABSTRACT

In general, cacao crops are grown under shade at the tropical area, which has promoted a close relationship between the crop, the shade trees and the entomological fauna present at the crop. The Cacao crop is a diverse entomological system, some species are favorable and others damage the crop. The present monographic research paper results from a bibliographical investigation about the taxonomic insect groups that can be found at cacao crops; its content approaches a general description on the main entomological groups that relate to cacao crops.

The first part describes the crop and the plant as an important production tool for diverse and numerous groups of producers around the world, and particularly tries to analyze the entomological content present at the cacao canopy around the cacao producing countries such as Ecuador, as well as to describe the relations these groups have with cocoa.

**Key words:** cacao, pollinator, defoliator, pod borer, plague.



### 3. INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao*), planta productora de la famosa “pepa de oro”, fue usada desde hace casi cinco mil años por las etnias antiguas de la amazonia central del Ecuador. Se han encontrado herramientas cóncavas con gránulos de almidón de cacao molido en ellas, en restos de la Cultura Mayo Chinchipe (*Formativo temprano, 3920 – 4895 AP*), en la provincia de Zamora. Se especula sobre cuál fue la utilidad que le dieron a la pepa de cacao estas etnias antiguas. De esta manera se comprueba que el cacao era utilizado por etnias de la amazonia antes que los descubrimientos realizados en América central (<http://palanda.arqueo-ecuatoriana.ec/>).

En etapas posteriores al formativo temprano, el cacao fue cultivado por los mayas, hace más de 2,500 años. El nombre “cacao” deriva de la palabra náhuatl cacahoatl o cacahuatl, que significa “jugo amargo”; la palabra “chocolate”, tiene su origen en la palabra maya chocol, esto es, “caliente” y “agua”, respectivamente (Girón *et al.*, 2012).

Los aztecas aprendieron de los mayas el cultivo y el uso del cacao. Llamaban cacahuatl al cacao y xocolatl a la bebida aromática que se obtenía de sus frutos. Por aquel entonces, el xocolatl era apreciado como reconstituyente para dar fuerza y despertar el apetito sexual, tratar la fatiga, aumentar el peso de los desnutridos, estimular el sistema nervioso de los apáticos, agotados o débiles, mejorar la digestión y estimular los riñones (Girón *et al.*, 2012).

El fruto del árbol de cacao es una baya grande, comúnmente llamada “mazorca”, carnosa, oblonga u ovada, amarilla o purpúrea, de 15 a 30 centímetros

de largo por 7 a 10 de ancho, puntiaguda y con surcos a lo largo del fruto; cada mazorca contiene por lo general entre treinta y cuarenta semillas incrustadas en la pulpa. Las semillas son grandes, comparadas al tamaño de una almendra y de sabor amargo. Las semillas son ecubiertas por una pulpa mucilaginosa de color blanco y de sabor dulce y acidulado. Se les llama comúnmente “granos” de cacao (Girón *et al.*, 2012).

En el siglo XVIII, el naturalista Carolus Linnaeus, basado en las creencias de los mayas y aztecas, denominó al árbol de cacao con el nombre científico de *Theobroma cacao*, cuyo significado en latín es “alimento de los dioses”. Este árbol es símbolo de abundancia, gobernabilidad y ascendencia (raza, casta) y sirve como un conducto metafórico por el cual las almas de los humanos y los dioses viajan a través de la tierra, el cielo y el infierno (Girón *et al.*, 2012).

Actualmente, el cacao se cultiva en una estrecha zona delimitada por los trópicos de Cáncer y Capricornio, donde se dan las condiciones de calor y humedad necesarios. El cacao, precursor del chocolate, se emplea en la fabricación de bombones, barras y tabletas, se le añade leche, maní o almendras, entre otros ingredientes, para consumirlos como golosinas, o bien para preparar otros alimentos y bebidas: cremas, helados, tortas, galletas y otros postres. Uno de sus derivados, la manteca de cacao, se utiliza como cicatrizante y también en la cosmetología. (Girón *et al.*, 2012).

El árbol de cacao constituye un cultivo con un valor económico importante para países como Costa de Marfil, Ghana, Indonesia, Malasia, y para el Ecuador fue su principal fuente de exportaciones a principios del siglo pasado, sin embargo, la productividad del cacao en esa época sucumbió ante la aparición de

dos plagas fungosas: La “Moniliasis”, producida por un hongo patógeno del cacao denominado *Moniliophthora roreri* y la “Escoba de Bruja”, producida por un hongo denominado *Crinipellis pernicioso*. A raíz de esta baja de producción del cacao, su cultivo pasó a manos de pequeños agricultores. Actualmente, de las aproximadamente 320.000 hectáreas cultivadas de cacao en el Ecuador, el 95% son de pequeños agricultores quienes tradicionalmente son recolectores, por ende no realizan actividades de mantenimiento a las plantaciones, las cuales tienen rendimientos de producción muy bajos (5 qq/ha/año) y el restante 5% es cultivado bajo condiciones de aplicación técnica y con altos niveles de producción (35-45 qq/ha/año) (ICCO, 2012).

La investigación sobre la entomología asociada al dosel del cacao en el Ecuador es incipiente. Se ha trabajado de una manera reactiva: cuando una particular especie de insecto se ha vuelto un problema en una particular zona de cultivo, los investigadores, principalmente por parte del INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias), han procedido a realizar estudios sobre la plaga en mención y se ha logrado un nivel de control sobre la misma.

Sin embargo, un estudio completo y sistemático sobre cuáles son las especies de insectos, sean estas benéficas, neutras o perniciosas, que se encuentran y se asocian al dosel de los árboles de cacao, no existe. Un sinnúmero de publicaciones e investigaciones se han desarrollado sobre los insectos asociados al cacao, tanto en el Ecuador como en los diferentes países donde el cacao constituye un producto económicamente importante, las cuales proveen descripciones, compendios, listados, comparaciones y temas relacionados a una familia o un género entomológico en particular, sin embargo el tema de la entomología asociada al dosel del cacao y sus relaciones ambientales

y ecológicas, no se ha tratado en la práctica de una manera sistemática y completa.

La presente monografía pretende proveer, realizando un compendio básico de los órdenes, familias y géneros reportados en estudios realizados en relación al dosel del cacao, una descripción de aquellos órdenes presentes en el dosel de las plantaciones de cacao, estableciendo parámetros de neutralidad, beneficio o daño que produce tal o cual orden, familia, género y especie, cuando fue posible diferenciarlas a ese nivel.

## 4. DESARROLLO TEÓRICO

### 4.1. *Theobroma Cacao*, Linnaeus, DESCRIPCIÓN.

**Familia Malvaceae, subfamilia Sterculioidae.** Árbol de talla pequeña, perennifolio, de 4 a 7 m de altura cuando se lo cultiva, su altura ideal en manejo tecnificado es de 2,5 a 3,5 m, el cacao puede crecer en estado silvestre hasta 20 m o más. Tiene una copa baja, densa y extendida, hojas grandes, alternas, colgantes, elípticas u oblongas, de 20 a 35 cm de largo por 4 a 15 cm de ancho, de punta larga, ligeramente gruesas, margen liso, verde oscuro en el haz y más pálidas en el envés. (CONABIO 2012).

El tronco tiene un hábito de crecimiento dimórfico, con brotes ortotrópicos o chupones. Ramas plagiotrópicas o en abanico. Las ramas primarias se forman en verticilos terminales con 2 a 6 ramillas; al conjunto se le llama “molinillo”. Es una especie cauliflora, es decir, las flores brotan insertadas sobre el tronco o las viejas ramificaciones (Figura 1). La corteza externa es agrietada, de un color castaño oscuro, áspera y delgada, la corteza interna es de color castaño claro, sin sabor (CONABIO 2012).

Se presentan muchas flores en racimos a lo largo del tronco y de las ramas (Figura 1), sostenidas por un pedicelo de 1 a 3 cm. La flor es de color rosa, púrpura y blanca, de pequeña talla: de 0,5 a 1 cm de diámetro y 2 a 2,5 cm de largo, en forma de estrella. Cinco sépalos rosa, angostos, puntiagudos, ampliamente extendidos, cada pétalo mide hasta 6 mm de largo, blancos o teñidos de rosa, alternos con los sépalos y de forma muy singular: comienzan estrechos en la base, se ensanchan y se hacen cóncavos para formar un pequeño capuchón y terminan en una lígula; Las inflorescencias después de

producir flores durante varios años, se convierten en tubérculos engrosados que reciben el nombre de: cojinetes florales (CONABIO 2012; ICCO, 2012).

El fruto es una baya grande comúnmente denominada mazorca (figura 1), carnosa, de forma oblonga a ovalada, puede tener varios colores de acuerdo al complejo de hibridación: verde, amarilla, morada, jaspeada, roja, entre otros. Mide de 15 a 30 cm de largo por 7 a 10 cm de ancho, puntiaguda y con camellones longitudinales; cada mazorca contiene en general entre 30 y 40 semillas dispuestas en placentación axial e incrustadas en una masa de pulpa desarrollada de las capas externas de la testa (CONABIO 2012).

La semilla es grande, de color chocolate o purpúreo, de 2 a 3 cm de largo, tiene un sabor amargo. No tiene albumen y están recubiertas por una pulpa mucilaginosa de color blanco y de sabor dulce y acidulado. Todo el volumen de la semilla en el interior está prácticamente ocupado por los 2 cotiledones del embrión. Se les llama vulgarmente 'pepa' o 'granos' de cacao. Ricas en almidón, proteínas y materia grasa, lo cual les confiere un valor nutritivo real (CONABIO 2012).

El sistema radicular se compone de una raíz pivotante que en condiciones favorables puede penetrar más de 2 m. de profundidad, favoreciendo el reciclaje de nutrientes y de un extenso sistema superficial de raíces laterales distribuidas alrededor de 15 cm debajo de la superficie del suelo. Es una planta hermafrodita con un número cromosómico  $2n=20$  (CONABIO 2012; ICCO, 2012).

Constituye un cultivo importante para la economía de algunos países, principalmente Ghana, Costa de Marfil, Indonesia, Malasia, los países de América Central, Venezuela, Brasil, Colombia, Perú y Ecuador, este último es considerado

como el principal productor de cacao fino de aroma del mundo, contribuyendo con del 5 al 10% de la producción total mundial y dentro de esta producción, el 60% de cacao fino en el mundo (ICCO, 2012).

Conabio (2012) reconoce tres tipos de cultivares (a pesar de que se están realizando actualizaciones en este tema) (Figura 2): el Criollo, desarrollado en el norte de Sudamérica y Centro América, el Forastero, proveniente de la Cuenca Amazónica y el Trinitario, localizado en Trinidad:

- El **tipo Criollo** se caracteriza por un fruto con frecuencia alargado, con punta pronunciada, doblada y aguda; la superficie es generalmente rugosa, delgada, de color amarillo, frecuentemente con salpicaduras de verde a púrpura y marcada por 10 surcos muy profundos. Los granos son grandes, gruesos, de sección casi redonda con los cotiledones blancos y muy ligeramente pigmentados. De este tipo de cacao se obtiene el chocolate de la más alta calidad, su producción es baja y es susceptible a enfermedades fungosas.
- El **Tipo Forastero** tiene un fruto de forma generalmente ovalada y corta, de color verde o amarilla cuando maduro, con una superficie lisa. Pericarpio espeso y difícil de cortar a causa de un mesocarpio fuertemente lignificado; granos pequeños más o menos aplastados con un color entre púrpura claro y oscuro. Este tipo forma un grupo complejo tanto en sus formas silvestres como cultivadas. Dada su alta producción, el tipo forastero domina la producción mundial.
- El **Tipo Trinitario** es altamente variable, dado su origen híbrido. Fue clasificado como un tipo de forastero, es de origen reciente y puede ser reproducido artificialmente. Es probable que se trate de una población

segregante que se originó de una cruce entre forastero (amelonado) y Criollo. En el comercio es conocido como “cacao fino”, y su sabor de excelencia puede deberse en parte a su germoplasma criollo.

El cacao crece en topografía plana u ondulada. Llega a crecer en terrenos que sobrepasan el 50% de pendiente, en quebradas, a orillas de esteros. Exige temperaturas medias anuales elevadas con fluctuaciones pequeñas, una gran humedad y una cubierta que le proteja de la insolación directa y de la evaporación. La precipitación debe ser de 1300 a 2800 mm por año con una estación seca corta, menor de 2 meses y medio. El clima debe ser constantemente húmedo, con temperatura media diaria de entre 30 y 35 °C, con una mínima de 16 °C. Para su pleno desarrollo exige suelos profundos (1m. como mínimo), fértiles y bien drenados. Deben evitarse suelos arcillosos, arenosos, mal drenados o muy superficiales con presencia de rocas y un nivel freático poco profundo (CONABIO 2012).

Es una planta perennifolia que florece durante todo el año, los frutos tardan aproximadamente 5 meses en madurar desde que la flor fue polinizada. La polinización es entomófila, el principal agente polinizador es un pequeño díptero de la familia Ceratopogonidae, del género *Forcipomya*, el cual se ha encontrado en todas las áreas donde se cultiva el cacao. El polen se mantiene viable por tres días. Las flores están receptivas desde las primeras horas de la mañana. La flor del cacao comienza a abrirse gradualmente por la tarde, y continúa por la noche hasta que está completamente abierta justo antes del amanecer. Una porción muy grande de flores no son polinizadas y caen al cabo de 48 horas. Se ha desarrollado la protoginia para prevenir la autopolinización, las flores funcionalmente son femeninas primero y después masculinas. Existe por lo



menos un sistema de incompatibilidad que opera y favorece la fecundación cruzada, manteniendo la heterozigocidad, pero no excluye por completo la autofecundación. Las poblaciones de cacao silvestre en el centro de su distribución natural, en las colinas tropicales de los Andes en Ecuador, Perú y Colombia son autoincompatibles. El cacao es una planta altamente alógama, pues se estima que la polinización cruzada es aproximadamente del 95% (CONABIO 2012).

El cacao es una especie de fácil adaptación, presenta una gran variabilidad genética y adaptación a distintos pisos térmicos, en condiciones muy variables de clima y suelo, en altitudes que van de los 200 a los 900 msnm. La semilla germinada, una vez plantada abre los cotiledones que exponen la plúmula, la cual empieza a crecer al mismo tiempo que la raíz, pero es mucho más pequeña. La primera fase de crecimiento termina con la maduración de las primeras hojas. Aparecen brotes subsecuentes a intervalos de 6 semanas con un arreglo en espiral. La planta emprende su siguiente fase de crecimiento entre el segundo y cuarto año de edad mediante la formación de su primer molinillo. Cinco yemas en un eje común del extremo terminal de la planta crecen simultáneamente y en apariencia al mismo nivel, debido a la reducción extrema de los entrenudos de las hojas. Las yemas que emergen muestran un hábito de crecimiento horizontal, lateral o plagiotrópico y se denominan brotes de abanico, mientras que el tallo crece hacia arriba y es de naturaleza ortotrópica. Después de algunos años puede empezar a crecer un nuevo chupón justo por debajo de la unión del primer molinillo y cuando alcanza cierta longitud se forma un nuevo molinillo (CONABIO 2012).

Los árboles de cacao en plantación comienzan a producir flores entre los 18 meses y tres años de edad, dependiendo de las condiciones ecológicas y del genotipo. Algunos clones llegan a producir 3 toneladas/ha/año (CCN-51, ELITE Amazónico), y un promedio de 18 a 22 mazorcas por kilogramo de producto seco. La producción de mazorcas varía de año a año. Una plantación comercial de cacao tiene un tiempo estimado de producción de 25 a 30 años (ICCO, 2012).

La germinación del cacao es de tipo epigea. Las semillas, una vez retiradas del fruto, germinan rápidamente, de 4 a 6 días después de la siembra. Emergen primero la raíz y el hipocotíleo, lo que ocasiona que los cotiledones se eleven por encima del nivel del suelo (10 a 15 días después de la siembra), mientras que el desarrollo del fruto se da cuando el cigoto comienza a dividirse, de 30 a 50 días después de la polinización. La mazorca joven crece junto con los óvulos lentamente 40 días después de la polinización, después crece más rápido y alcanza su máximo alrededor de los 75 días. Un segundo período de crecimiento comienza más o menos a los 85 días después de la polinización, que es cuando la mazorca y el óvulo disminuyen su crecimiento a expensas del crecimiento del embrión, el óvulo que se encuentra ahora lleno de un endospermo gelatinoso que es consumido por el embrión aproximadamente a 149 días después de la polinización. La tasa de crecimiento cesa entonces hasta la madurez. Los frutos maduran y pueden cosecharse a los 5 o 7 meses (CONABIO 2012).

En todos los países donde el cacao es un producto económico importante, se realizan investigaciones sobre variedades con vigor y resistencia a enfermedades, factores de rendimiento, mejoramiento genético y conservación de germoplasma. Entre los factores críticos para el desarrollo del cultivo están la temperatura y la lluvia. El cacao demanda baja tecnología y pocos insumos.

Requiere de árboles que le proporcionen sombra para su mejor desarrollo. Los árboles de sombra más comúnmente utilizados son: *Erythrina spp*, *Gliricidia sepium*, *Diphyssa robinoides*, *Colubrina arborescens*, *Cedrella odorata* y *Tabebuia rosea*. La poda y la regulación de sombra son las prácticas más importantes. Se mantiene una sombra regularmente densa en las primeras etapas de la plantación, decreciendo en intensidad hasta lograr una sombra ligera en las etapas posteriores. Es recomendable podar la planta al final de la época seca y/o al inicio de las lluvias. Es importante tener en cuenta los caracteres de autocompatibilidad e intercompatibilidad cuando se vayan a establecer plantaciones clonales (CONABIO 2012).

El cacao está considerado como una especie potencial para la reforestación productiva en zonas degradadas de la selva, en el Ecuador existen muchos productores, especialmente en la amazonia, que siembran cacao dentro de un sistema de chacra junto con otras especies productivas (yuca, plátano verde, entre otras). El cacao tiene la habilidad de crecer, desarrollarse y producir frutos en asociación con otras especies para conformar sistemas agroforestales sostenibles: *Cacao-Gliricidia-Piper nigrum*; *Cacao-Erithryna*; *Cacao-Cedrela*, se considera una especie que produce un efecto restaurador del suelo mediante la creación de una capa de material orgánico producido por la hojarasca, controla la erosión y constituye un refugio para especies animales (CONABIO 2012).

La plantación de cacao puede presentar algunos problemas, la planta es muy susceptible a las heladas, a las sequías y a los vientos fuertes, en zonas expuestas a frecuentes brisas no crece con vigor sin la ayuda de una cortina rompe vientos. Los fuertes vientos (velocidad > 4 m/s) pueden causar defoliación o caída prematura de las hojas (por daño mecánico o desecación). Los insectos

más comunes que representan una plaga para el cacao son el monalotion, los trips (insectos chupadores), el *Xyleborus*, la hormiga arriera, los escarabajos *Colapsis* y *Monolepta* que se comen las flores. El cacao es también susceptible a algunos hongos, entre estos *Phytophthora megakarya*, *P. cosici*, los cuales causan la `enfermedad de la mazorca negra`; la moniliasis, causada por el hongo *Moniliophthora rorei*; el `mal de machete`, causado por el hongo *Ceratosystis fimbriata*; la `escoba de bruja`, *Crinipellis pernicioso*. El hongo *Phytophthora* ataca a las mazorcas, causando la pudrición negra en los tallos, causando el cáncer de la corteza y a las raíces, lo que resulta entre el 10 y el 30% de pérdidas en la producción mundial de cacao. En nuestro medio, el más grave problema es causado por *Moniliophthora rorei*, registrándose pérdidas de hasta el 50% de la producción (CONABIO 2012).

El cacao establece una simbiosis obligada (más que facultativa) con hongos micorrizicos: *Scutellospora calospora* y *Glomus mosseae*. Las micorrizas confieren una ventaja competitiva sobre todo en los suelos con un pobre aporte de nutrientes.

El cacao tiene muchos usos, la semilla encierra un aceite esencial que le da un sabor aromático particular. Las semillas se muelen y tuestan para obtener la cocoa y el chocolate, sustancias apreciadas en la fabricación de dulces, confituras, helados y bebidas. La industria del chocolate en Europa se desarrolló a lo largo del siglo XIX. En 1828 se registra una patente para la fabricación de chocolate en polvo y el chocolate se pone en venta por primera vez en 1847. En 1876 se impulsa la fabricación de chocolate con leche. La manteca de cacao se usa para elaborar cosméticos, perfumería. Las semillas contienen hasta 50% de aceite. El aceite esencial contiene 50% de linalol, un ácido alifático y algunos

ésteres. El contenido de alcaloides tales como la teobromina (1,5 a 3%) y cafeína le confiere propiedades estimulantes. Las semillas, hojas y raíces contienen los alcaloides teobromina y cafeína que tienen propiedades diuréticas y vasodilatadoras. Se ha encontrado actividad antitumoral en la raíz y en la corteza. La grasa que contienen las semillas (manteca de cacao) se utilizan en farmacia como emoliente y para fabricar ungüentos y pomadas. Resequedad en la piel, quemaduras, caspa, disentería, sarampión, mordedura de serpiente (CONABIO 2012). (Figura 1).

#### **4.2. ENTOMOLOGÍA ASOCIADA AL DOSEL DE *Theobroma cacao*.**

La investigación bibliográfica realizada en la presente monografía se basó en la búsqueda de información sobre aquellas familias de insectos presentes en el dosel de *Theobroma cacao*, sean éstas benéficas o constituyan un problema de plaga para la planta. La presente sección del trabajo monográfico expone una descripción de las mismas, en sus respectivas secciones.

##### **4.2.1 INSECTOS BENÉFICOS PRESENTES EN *Theobroma cacao*.**

Como se ha mencionado anteriormente, el cacao es una especie de polinización entomológica. La interacción de las especies polinizadoras con la flor del cacao es bastante específica dado que presenta una estructura muy peculiar. Las flores tienen una conformación morfológica que dificulta el acceso de muchos insectos a sus partes internas (Figura 1), los tricomas y glándulas que segregan sustancias de recompensa para los polinizadores, su polen no está al alcance de los insectos que comen de ella, la abeja, por ejemplo es incapaz de impregnarse de polen de cacao (Goitia, 1992).

Existen múltiples factores que influyen sobre la polinización: la relación entre la diversidad de polinizadores y la polinización de un cultivo en un área específica depende de factores como la abundancia y eficiencia de cada polinizador, la dinámica de las poblaciones de polinizadores, e incluso la competencia entre el cultivo y otras plantas a través de la atracción de polinizadores (Barahona, 1987).

Otros factores tales como los de tipo ambiental también influyen sobre la polinización: la precipitación influye directamente sobre la polinización y por tanto indirectamente en la formación de frutos. Igual ocurre con el calor y el agua y con variables meteorológicas más complejas, como la nubosidad (Soria, 1977). Las temperaturas relativamente bajas son favorables, pero la precipitación es claramente desfavorable al éxito de la polinización. La polinización depende directamente de la floración y de la lluvia, la ocurrencia de la floración podría ayudar a programar las prácticas agrícolas, principalmente aquellas fitosanitarias que podrían afectar las especies polinizadoras (Soria, 1973).

Estudios en varias regiones productoras de cacao alrededor del mundo han demostrado que los polinizadores del cacao pertenecen principalmente al orden Díptera, siendo la familia Ceratopogonidae (géneros *Forcipomyia*, *Dasyhelea* y *Atrichopogon*) la más representativa (Figura 3) (Tabla 1), a pesar de que el número total de especies de insectos que participan en la polinización del cacao aún no está precisado, los ceratopogónidos del género *Forcipomyia* parecen ser importantes en la mayoría de áreas estudiadas (Fish y Soria, 1978; Young, 1982).

Para el género *Forcipomyia*, en América Central y del sur, varias especies de los subgéneros *Euprojoannisia*, *Warmkea* y *Thyridomyia*, han sido reportados

como los más importantes polinizadores, de mayor abundancia, y presentes la mayor parte del año en las plantaciones (Soria, 1978).

La polinización por ceratopogónidos depende de varios factores: edad y condición de la flor, disponibilidad de ellas, comportamiento de los mosquitos en la flor, disponibilidad de insectos, cantidad de polen adjunto al insecto, su tamaño, especie y sexo del insecto, la viabilidad y disponibilidad del polen, el cual es viable hasta las 48 horas y declina rápidamente en su disponibilidad después de este tiempo (Kaufman, 1975).

La polinización efectiva por ceratopogónidos es altamente dependiente de la sincronización de las poblaciones dinámicas de los mosquitos con los ciclos de floración de los árboles, y la abundancia de mosquitos relativa a la abundancia de flores (Young, 1986). Las variables ligadas a los ritmos poblacionales de actividad de los insectos y las asociadas a los ritmos de la floración determinan el modelo de fluctuación de la polinización.

El tamaño de los ceratopogónidos varía entre 2 mm a 3 mm de largo. Aquellas especies menores a 2 mm no son efectivos polinizadores pues no tocan el estilo cuando se ubican en el estaminodio (Kaufmann, 1975). El tórax de *Forcipomyia spp* mide 0,16 mm de ancho y 1,0 mm de largo, este puede acomodarse con muchos granos de polen, cada uno de los cuales mide 16 micras de diámetro. Es necesaria una transferencia de polen efectiva, se necesitan más de 35 granos de polen en el pistilo, de otra manera se puede causar aborto (Kaufmann, 1975).

Los ceratopogónidos llevan el polen en sus cerdas torácicas y lo arrastran al interior del estaminodio, se detienen a probar su superficie y, si el estaminodio

está paralelo al pistilo, los granos de polen son puestos en el estilo y/o estigma, pues el tórax roza contra ellos. Si el estaminodio está oblicuo al pistilo, el polen se deposita solamente en la base del estaminodio. Como el interior del estaminodio es veloso en la base, es imposible para el insecto salir sin frotarse. Además, los granos de polen los llevan en toda la superficie del cuerpo, incluyendo las antenas, tórax, abdomen y patas, todos ellos cargados de cerdas (Kaufmann, 1975).

En cuanto a la eficiencia de la polinización por los insectos, se ha reportado lo siguiente:

El género *Forcipomyia*, está calificado como el principal agente polinizador del cacao, dentro de este, se ha encontrado que las especies de *F. eurorojoannisia*, *F. squamipennis*, *F. ashantii*, *F. castanea*, y especies de los géneros *Stilobezzia* y *Atrichopogon* son las exitosas, pues exhiben hábitos eficientes y estructuras adaptadas para tal fin, al contrario de otros insectos como hormigas, áfidos y psíidos (Brew, 1984). Para Turrialba, Costa Rica, las especies más eficientes de *Forcipomyia* teniendo en cuenta número y frecuencia de actividad polinizadora fueron: *F. eurorojoannisia*, *F. blantoni*, *F. tuberculata*, *F. thyridomyia* y *Forcipomyia* sp. (Soria *et al.*, 1980). Mientras que otros autores reportan que *F. inirnatipennis* ha probado ser mejor polinizador que otras especies como *F. castanea*, *F. squamipennis* y especies de *Atrichopogon* (Kaufmann, 1975).

En lo referente al periodo del día de actividad de los insectos en la labor polinizadora, se ha llegado a la conclusión de que las horas de actividad de *Forcipomyia* son limitadas. Estos insectos trabajan sobre todo en la mañana y al



final de la tarde, prevaleciendo entre las 6 y las 11 am y después de las 5 pm, horas que corresponden a las horas de buena receptividad de polen (Soria, 1978).

Por el contrario, existe cierto grado de desacuerdo en cuanto al tema de la polinización por hembras y machos. Según Brew (1984), tanto machos como hembras de ceratopogónidos intervienen en la polinización efectiva. Pero otros autores afirman que las hembras son las más diligentes y los machos intervendrían poco (Winder 1977; Soria, 1973).

El mecanismo que hace que los insectos polinizadores se vean atraídos y lleguen a las flores del cacao, es aún un tema de discusión que requiere estudios más detallados. Muy poco es conocido sobre cómo los insectos son atraídos a las flores de *Theobroma*, las flores parecen en gran medida sin olor y con poco o sin néctar (Young, 1997).

Las hipótesis más frecuentemente planteadas tienen que ver con la atracción por color, estructuras de la flor y por estímulos químicos:

Los nectarios microscópicos en los pedicelos, sépalos, ovarios, líneas guías de los pétalos y estaminodios secretan néctar, el cual posee un olor que atrae a varios insectos. Algunos estudios sugieren que las flores poseen fragancia y una recompensa floral producida en las estructuras (Young, 1997). En Limón, Costa Rica, se comprobó por primera vez que los aceites florales de *Theobroma* atraen insectos voladores en plantaciones de cacao, incluyendo los polinizadores. Los aceites florales de *T. cacao* y *T. simiarum*, en tres concentraciones (1, 10 y 100 ppm usando solvente de cloroformo), fueron efectivos atrayentes de un rango de insectos voladores de tamaño pequeño en los bosques de cacao durante la estación seca y lluviosa. Los dípteros, especialmente Cecidomidos,

Ceratopogónidos y Phoridos, son los principales insectos atraídos. Estos estudios proveen evidencia sobre el juego de los aceites florales en la atracción de insectos polinizadores a las flores de *Theobroma*, incluyendo el cacao (Young, 1997).

Es posible que el insecto tenga preferencia por ciertas partes de la flor. Kaufmann (1975) menciona que los ceratopogónidos visitan las flores de cacao porque son atraídos por las partes coloridas de la flor, y que prefieren objetos ubicados verticalmente, como los estaminodios, a otros, como las líneas guía. Es por ello que las flores llevan más polen en sus estaminodios que en otro lugar, los pistilos son visitados después.

Si se considera que la polinización se presenta como un fenómeno natural de sensibilidad multidireccional, siendo que los factores que afectan al insecto o su hospedero, influyen sobre la polinización y, en vista de que la polinización natural y las etapas siguientes del desarrollo de la fruta del cacao son dependientes de las densidades de la población de las mosquitas polinizadoras en el campo. Se sugiere que el éxito de la productividad del cacaotero en el campo y el mantenimiento de niveles de rendimiento elevado en las empresas agrícolas cacaoteras dependen de la sincronización apropiada entre los ritmos vegetativos (períodos de floración intensa) y poblaciones de los insectos polinizadores (períodos de mayor población de adultos de *Forcipomyia*) en el campo (Soria, 1973, 1977).

Por lo tanto, es posible, por medio de la protección y reproducción de insectos polinizadores lograr un aumento en el rendimiento de los cacaotales,

como consecuencia de una polinización más eficiente (Soria *et al.*, 1980; Young, 1982).

Estudios realizados han demostrado que aquellos campos en donde se dispusieron cortes de troncos de musáceas sobre el sustrato de los cacaotales, existe una tendencia a incrementar la fructificación de los mismos (Limón, Costa Rica) (Young, 1983), aunque es importante tener presente que el potencial de incrementar el rendimiento de fructificación mediante la implementación de medidas agronómicas como la disposición de vástagos de plátano en el terreno, es mayor en agro ecosistemas más complejos y cercanos a bosques que en agro ecosistemas homogéneos (Young, 1997).

#### **4.2.2. PRINCIPALES INSECTOS PLAGA EN *Theobroma cacao*.**

Las plantaciones de *Theobroma cacao* son infestadas por plagas de insectos en variada intensidad y la infestación depende de algunos factores, entre estos la humedad, la época del año (lluviosa o seca), la temperatura, las condiciones de manejo de la plantación, entre otras. Muchas de las plagas del cacao no constituyen un problema grave o no se conoce exactamente qué gravedad pueden alcanzar, pero un descuido en su combate puede motivar que lleguen a constituir un problema muy serio. Por esa razón, siempre se debe cuidar que los insectos dañinos no se extiendan y multipliquen hasta convertirse en una plaga seria.

El cacao es una de las plantas económicas que, al mismo tiempo que pueden sufrir daños considerables a causa de los insectos, también necesita de algunos de ellos en ciertos procesos reproductivos; por ello, un abuso en el uso indiscriminado de insecticidas puede conducir a posteriores fracasos económicos.

Existen también insectos que transmiten enfermedades; tal es el caso de los barrenadores del tronco del género *Xyleobus*, que pueden transmitir o propagar la enfermedad conocida como Mal de Machete.

El combate de los insectos se debe hacer intensamente en el semillero y en el vivero, pues en estos lugares los insectos útiles tienen poca importancia y como el área de aplicación es restringida, no se afectan las zonas de producción. La principal razón es que las plantas deben salir al campo lo más sanas y robustas posible. No debe sembrarse plantas débiles o afectadas por enfermedades o insectos plaga.

Se describen a continuación las principales plagas que constituyen un problema a las plantaciones de cacao (Tabla 2).

#### **4.2.2.1 HEMÍPTEROS EN *Theobroma cacao*.**

Los artrópodos conocidos como chinches verdaderos son invertebrados pertenecientes a la clase Insecta, orden Hemiptera. La familia Míridae se encuentra dentro de este orden, a la cual pertenece el género *Monalolion* (Figura 4.) y otros chinches del cacao (Schuh, 2012). Los Míridos se alimentan de todas las partes de la planta excepto de hojas y raíces. Los daños causados provienen de éstos en sus cinco estados de ninfa y en su etapa adulta, como consecuencia de los piquetes realizados en las partes vegetativas o frutos al alimentarse; la saliva inyectada a la herida causa lisis de los tejidos, probablemente debido a la acción de las esterasas (Williams, 1953; Coto, 2004).

En mazorcas completamente desarrolladas, los piquetes causados por los míridos no impiden su maduración. Sin embargo, en mazorcas pequeñas, un alto

número de piquetes puede causar malformaciones o impedir el desarrollo del fruto (Lavabre, 1997).

Cerca de 40 diferentes especies han sido observadas en cacao, los más comunes en Ghana son *Sahlbergella singularis*, *Distantiella theobroma*, *Helopeltis* spp y *Bryocoropsis Iticollis* (Flood, 2004). Otras especies del género *Monalolion*, como *M. annulipes*, se observan en Costa Rica y *M. dissimulatum* en Ecuador, género que tratamos más extensivamente dentro de este capítulo:

***Sahlbergella singularis*.** Conocido como el chinche del café y del cacao, este mívrido es capaz de causar una pérdida del hasta el 75 % del cacaotal en menos de tres años y es el principal causante de pérdidas en Nigeria (Padi, 1997). El daño causado por este insecto al alimentarse, se da en varias partes de la fisonomía de la planta, como lesiones en los frutos, canchros en los troncos y muerte regresiva de las ramas; el control de esta plaga en Nigeria se realiza a base de agroquímicos, endosulfan al 25% (Anikwe, 2009) y se ha experimentado con extractos acuosos de Neem al 20%, arrojando resultados satisfactorios con una mortalidad del 80% de cápsidos (Asogwa, 2010).

***Distantiella theobroma*.** Se alimenta de ramas verdes y mazorcas jóvenes, dejando lesiones necróticas por la lisis de célula sub-epidérmicas. El manejo integral de plagas consiste en realizar manejo cultural, como la instalación de sombra temporal, remoción de chupones y el uso racional de pesticidas. Adicionalmente se han realizado investigaciones a nivel genético con la finalidad de obtener colones resistentes a los ataques de mívridos, con resultados prometedores. También es materia de investigación aquellos compuestos

responsables de la atracción de los mիրidos a algunos clones. Este insecto puede causar pérdidas en una plantación de hasta el 30% (Asogwa, 2010).

***Monalonia annulipes***. Esta especie de mիրido prolifera particularmente en zonas con poca sombra y se alimenta de mazorcas en proceso de maduración y de brotes terminales tiernos de cacao. Necesita de un 90% de humedad para la incubación de sus huevos, los cuales demoran 18 días para eclosionar. Su etapa ninfal se completa aproximadamente en 17 días y como adulto no sobrevive demasiado tiempo después de copular. La alta disponibilidad de alimento, así como el alto rango de temperatura ambiente favorecen a la proliferación del mիրido. Altas poblaciones de *M. annulipes* están relacionadas con la muerte descendiente del cacao debido a los daños en brotes terminales que el chinche causa (Villacorta, 1972, 1973, Maes, 2004).

***Helopeltis***. Este género está altamente distribuido e incluye especies consideradas altamente nocivas para algunos cultivos. *H. teobromae* y *H. theivora* son causantes de grandes pérdidas en Malasia. Se alimentan de mazorcas desde su etapa floral hasta la madurez, también de brotes terminales. Llegan a causar pérdidas de hasta el 85% sin control oportuno. Se ha determinado que *Beauveria bassiana* constituye un controlador efectivo para estas plagas (Maes, 2004).

***Monalonia dissimulatum***. Es un insecto picador, chupador que se alimenta de la savia de los frutos y es capaz de causar daños de hasta el 80% en las plantaciones a las que infesta. (Salinas, 1997)

Las ninfas de *M. dissimulatum* son ápteras, de color amarillo naranja brillante, con patas largas y de color negro. Cuando llega a su etapa adulta, mide de 10 a 12 mm de largo con cabeza de color negro con antenas y patas largas.

Los machos se diferencian de las hembras por el color de sus hemiélitros, en los primeros son negros en toda su superficie, mientras que en las últimas presentan líneas negras transversales.

**Etapas fisiológicas de *M. dissimulatum*:**

**Huevo.** Son alargados y algo curvos, de color blanco; debido a que la hembra los deposita dentro del fruto, cuentan con dos apéndices filiformes o aerófilos que les permiten respirar; a medida que el embrión comienza a desarrollarse se tornan anaranjados (Salinas, 1997).

**Ninfa.** Son de color anaranjado claro, con algunos segmentos de la cabeza, el abdomen, las patas y las antenas de color rojo. Pasa por cinco estadios ninfales, y su tamaño varía entre 1.5 mm en el primer estadio y 12 mm en el quinto estadio (ICOO, 2012). La duración promedio de cada estado ninfal es de cuatro días (Salinas, 1997).

**Adulto.** Cabeza de color negro, igual que las antenas excepto el último artejo que es amarillo, pronoto negro, excepto la unión con el cuello que es amarillo, hemiélitros amarillo anaranjado, con manchas negras transversales, rostrum amarillo claro, casi negro en el extremo. Presenta una coloración anaranjada en el abdomen y alas, la cabeza de color negro, al igual que la parte final del abdomen. Posee dos franjas negras en la mitad y al final de las alas (Salinas, 1997). Las hembras y machos difieren en su morfología: Las hembras miden de 11 a 12 mm de largo, la cabeza es negra brillante, el rostrum amarillo anaranjado con la parte terminal negra y mancha roja. Los machos miden 10 mm, la cabeza es negra, rostrum amarillo anaranjado, los hemiélitros son totalmente negros y el abdomen es rojizo (ICCO, 2012).

### **Daños causados por *Monalonia dissimulatum* en cacao.**

En condiciones de alta infestación, los piquetes en las mazorcas se unen entre sí, tomando una apariencia petrificada y seca, cubierta de micelio y esporas de hongos; durante el proceso de alimentación, *Monalonia* inyecta toxinas en los tejidos acelerando su descomposición. Cuando mazorcas pequeñas de 10 a 12 semanas son atacadas, se tornan rápidamente negras, endurecen y mueren. Las mazorcas de mayor tamaño sobreviven al ataque pero algunas con deformaciones y las semillas resultan reducidas en su tamaño (Coto, 2004).

En Alto Beni, Bolivia, *M. dissimulatum* es una de las principales plagas en cultivos de cacao, aunque no se ha evaluado objetivamente, técnicos locales y productores piensan que el chinche reduce considerablemente los rendimientos, se determinó que habían de 9 a 22 chinches por árbol y se observó que en zonas altas había mayor cantidad de chinches bajo sombra que al sol, mientras que en zonas bajas la cantidad de chinches era mayor a pleno sol. El daño del chinche en la zona fue del 6 al 15%, aunque estudios anteriores en Costa Rica señalan ataques mayores, entre el 18 y el 38% que causaron muerte regresiva de los frutos. La mayoría de piquetes ocurrieron en mazorcas de medianas a grandes (>a 10 cm de largo).

Además de ser una plaga en cacao, se han reportado ataques en musáceas. En banano inyecta toxinas al fruto al alimentarse, lo cual forma manchas necróticas que limitan su comercialización (Carvallo, 2010).



## Control.

El control sugerido es la realización de podas para la aireación de la planta y el control de sombra y humedad excesiva, ya que se ha demostrado que la luz incide en la presencia de ciertos míridos en el cacao.

El control de malezas en las cuales se encuentran insectos hospederos ayudan a prevenir la presencia oculta del chinche en las plantaciones, y la aplicación de medidas de vigilancia continua permiten la detección de focos de ataque. Se recomienda, de ser posible, la eliminación manual de ninfas y adultos.

Se han reconocido varios agentes benéficos, como *Prophanurus bodkini*, parásito de huevos; *Dolichoderus* spp., depredador de ninfas y adultos, al igual que los hemípteros *Hezza* sp. y *Podissus* spp.. (Carvallo, 2010).

Investigaciones en Colombia demostraron que *M. dissimulatum* es altamente susceptible al efecto de aplicaciones del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* en cualquier etapa de su desarrollo. La mortalidad empieza entre los 4 y 6 días después de la aplicación, las dosis recomendadas oscilan entre  $2,5 \times 10^8$  y  $7,5 \times 10^8$  conidias por mililitro de suspensión (Carvallo, 2010).

Un punto importante es conocer si la variedad nacional de Cacao Fino de Aroma, producto muy deseado por sus cualidades organolépticas en el mercado internacional, presenta cualidades que la hacen más propensa al ataque del chinche. En el mundo existe poca información sobre la biología y control de esta especie, y en el Ecuador prácticamente no existen estudios (Martins, 2005).

#### 4.2.2.2 LEPIDÓPTEROS EN *THEOBROMA CACAO*.

Existen muy pocos estudios sobre la diversidad entomológica asociada al dosel del cacao. La mayoría de estudios y bibliografía consultada proviene de otros países de Latinoamérica, como por ejemplo Venezuela, Costa Rica, Honduras, entre otros. Tal es el caso de la diversidad de Lepidópteros (Figura 5.), taxa importante considerado como un problema intermedio en cuanto a daños producidos como plagas para el cacao. Los grupos taxonómicos mencionados a continuación se han colectado bajo un estudio realizado en Mérida, Venezuela en dos agroecosistemas que difieren en su manejo (Barrios *et al.*, 2010). El documento mencionado constituye la base del presente acápite del presente trabajo.

Generalmente el cacao se cultiva bajo sombra en ambientes de bosque tropical, lo que ha promovido una estrecha relación entre el cultivo, los árboles de sombra y la entomofauna asociada. Distintos lepidópteros son plagas frecuentes del cacao; para Venezuela existen algunas especies registradas en los cultivos (Barrios *et al.*, 2012). Los grupos taxonómicos mencionados a continuación son los encontrados en dos agroecosistemas de cacao con diferencias en cuanto a la riqueza de especies vegetales presentes (Barrios, *et al.* 2012). En general estos grupos son defoliadores y/o barrenadores del fruto del cacao.

**Noctuidae.** Se trata de una familia en la que la mayoría de sus miembros son de hábitos nocturnos. Entre las orugas de esta extensa familia se incluyen muchas de importancia económica. Las larvas en la mayoría de especies de Noctuidae son lisas y carecen de verrugas o protuberancias. Algunas especies, sin embargo, tienen característicos abultamientos dorsales y las polillas del

género *Amphipyra* se asemejan a las orugas de los esfíngidos por la presencia de cuernos. El género *Autographa gamma* y especies afines cuentan con propatas reducidas y podrían recordar a los geométridos. Algunas orugas de esta familia, como las de *Colocasia coryli* y varias especies del género *Acronicta* están cubiertas de penachos de pelos largos y son superficialmente parecidas a las de los ártidos, pero se pueden distinguir de ellas por sus manchas características. Comen principalmente las hojas de plantas de porte bajo, aunque algunas especies viven sobre árboles y arbustos. Esta enorme familia reúne alrededor de 25,000 especies de tamaño grande a pequeño, sobre todo mediano. (<http://www.asturnatura.com/familia/noctuidae.html>).

Se han reconocido cuatro géneros de noctuidae presentes en los agroecosistemas de cacao estudiados en Mérida, Venezuela: *Diopa*, *Spodoptera*, *Melipotis*, *Euclystis*. (Barrios *et al.*, 2012).

**Tortricidae.** La superfamilia Tortricoidea es una de las más diversas entre las microlepidoptera, seguida por Gelechinoidea en número de especies descritas (Horak, 1998). Contiene una sola familia, Tortricidae, la cual está compuesta por más de 9,800 especies en aproximadamente 1,050 géneros. Los adultos de Tortricidae se caracterizan por una combinación de los siguientes rasgos: cabeza áspera, en escala; proboscis bien definida; palpos labiales segmentados en tres, que se mantienen generalmente rectos, con un segmento apical corto y claro; palpos maxilares reducidos; chaestoma y ocelli presentes; lóbulos ovopositores planos (Horak, 1998). La estructura del ovopositor es la única apomorfía que se comparte con toda la familia. La familia Tortricidae se encuentra dividida en tres subfamilias: Tortricinae, Olethreutinae y Chlidanotinae (Horak, 1998). La familia ha sido catalogada recientemente (Brown, 2005).

Las relaciones filogenéticas de la familia Tortricidae han sido recientemente investigadas. Existen hipótesis de que esta familia se encuentra relacionada con la familia Cossoidea o el grupo Cossoidea + Sesioidea por varios autores (Horak, 1998). Un estudio molecular reciente en el que se usaron cinco genes nucleares de codificación proteínica para determinar las relaciones con Ditrysia fallaron consistentemente al momento de colocar a Tortricidae dentro de Lepidoptera, sin embargo, la superfamilia fue reconocida como monofilética consistentemente (Regier *et al.*, 2009).

Dentro del estudio realizado en Mérida, Venezuela, se colectaron un total de 3 morfoespecies de Tortricidae en los sitios de estudio, sin que se haya podido diferenciar su género y especie (Barrios *et al.*, 2012).

**Arctiidae.** Son una familia grande y diversa de lepidópteros con cerca de 11,000 especies encontradas en el mundo, de las cuales 6,000 son neotropicales (Scoble, 1995). Esta familia incluye grupos comúnmente conocidas como polillas tigre, usualmente de intensos colores. Muchas especies tienen abundante pilosidad, por lo que también se las conoce como ‘osos lanudos’, su nombre científico hace referencia a esto (griego *arctos*, oso). Las orugas pueden llamarse vulgarmente ‘gusanos de penacho’, normalmente en referencia al género *Lymantriidae*.

Lo más distintivo de la familia es el órgano timbal en el metatórax (Scoble, 1995). Este órgano tiene membranas vibrátiles para producir sonidos ultrasónicos. A veces suelen tener un órgano timpánico torácico, un mecanismo bastante común en los lepidópteros; su localización y estructura es característico de cada familia. Otras estructuras son saetas (pelos) en las larvas, venación de alas, un

par de glándulas cerca del ovipositor (Scoble, 1995). Los sonidos los usan en el apareamiento (Simmons y Weller, 2002) y en la defensa contra predadores (Fullard *et al.*, 1994).

Muchas especies contienen sustancias químicas desagradables o venenosas adquiridas de sus plantas hospederas (Weller *et al.*, 1999). Algunas especies también tienen la habilidad de hacer sus propias defensas. Las defensas comunes incluyen: glicósido cardíaco (o cardenólidos), pirrolizidinas, alcaloides, pirazinas, histaminas (Weller *et al.*, 1999). Las larvas usualmente adquieren estas sustancias, y las retienen hasta el estado adulto. A su vez, los adultos los pueden obtener regurgitando plantas descompuestas con esos componentes y chupando el fluido (Weller *et al.*, 1999). Los adultos pueden transferir las defensas a sus huevos, y los machos a veces los pasan a las hembras para ayudarlas en la defensa de los huevos. Los 'pelos' larvales pueden arder, debido a las histaminas que algunas orugas generan, pero no en todas las especies.

Advierten de esas defensas con coloraciones brillantes aposemáticas con posturas inusuales, olores, o, en adultos, con vibraciones ultrasónicas. Algunas especies inofensivas imitan a otras que son venenosas, o a avispa que pican (mimetismo) (Simmons y Weller, 2002). Las señales de ultrasonidos ayudan a los predadores nocturnos a aprender a evitar a los ártidos, y pueden interferir con la habilidad de los murciélagos para localizar ultrasónicamente polillas al vuelo (Dunning y Roeder 1965, Hristov y Conner, 2005).

Muchas de las orugas y adultos son activas en el día. Si se los molesta, algunos se enrollan en una apretada espiral. Comúnmente se dice que verlas significa gran severidad del invierno, y cuanto más cantidad de negro en la polilla

Isabella tigre (*Phyrrharctia isabella*), peor es el invierno; sin embargo la leyenda es falsa ya que el ancho del negro varía en función de expresiones genéticas, no por el tiempo (Wagner 2005). La polilla Isabella tigre pasa el invierno en estadio de oruga. Pueden sobrevivir al congelamiento a moderadas temperaturas subceros produciendo un químico crioprotector (Maes, 2004). Otras especies de larvas, como *Phragmatobia fuliginosa* pueden encontrarse sobre la nieve buscando un lugar para empupar.

A pesar de su abundancia, pocas especies de esta familia tienen importancia económica. Salvo *Hyphantria cunea*, una abundante y altamente polífaga especie arbórea, con distribución en América, Asia y Europa, no produce daño terminal a sus saludables huéspedes.

En Mérida, Venezuela, se registraron cinco especies de Arctiidae en el estudio realizado: *Isanthrene* sp., *Eudesmia menea* y tres morfoespecies no identificadas (Barrios *et al.*, 2010).

**Sesiidae.** Las polillas de alas transparentes son una familia de lepidópteros en las cuales la mayoría de las especies sus alas no poseen las escamas normales de los lepidópteros, siendo estas transparentes. Los cuerpos de éstas generalmente cuentan con franjas amarillas, rojas o blancas, algunas veces muy brillosas, sus antenas son simples. Su apariencia general es muy similar a la de una avispa, para mimetizarse y reducir el riesgo de predación, la cual se denomina mimetización Batesiana. Esto les permite estar muy activas en la luz del día. Existen 151 géneros, 1370 especies y 50 subespecies, la mayoría de éstas en los subtrópicos, sin embargo se encuentran muchas especies en la región Holártica (Barrios *et al.*, 2010).

Las larvas de los Sesiidos típicamente barrenan la madera o la corteza. Muchas especies constituyen un problema de plagas serio en plantas de frutas, cultivos maderables o plantaciones comerciales, por ejemplo, *Meltia* sp. en calabazas (Edwards *et al.*, 1999).

En el estudio realizado en Mérida por Barrios *et al.* (2010) se pudo distinguir apenas una especie de Sesiidae: *Carmenta* sp.

**Limacodidae.** Son una familia de lepidópteros glosados de la superfamilia Zygaenoidea o Cossoidea; su situación taxonómica es controvertida (Scobble, 1995). A menudo son llamados polillas babosas porque sus orugas tienen un lejano parecido con las babosas. También se les llama polillas taza por la forma de sus capullos. Son de distribución mundial, pero la mayoría son tropicales. Hay alrededor de 1.000 especies descritas y probablemente muchas más aún por asignar.

Son polillas pequeñas y velludas, con piezas bucales escasas o inexistentes (el adulto no se alimenta) y alas con flecos. A menudo reposa con el abdomen a un ángulo de 90 grados con respecto al tórax y las alas.

En su último estadio larval construye un capullo de seda que endurece con oxalato de calcio segregado por los tubos de Malpighi. Los capullos tienen una trampilla circular de evacuación, formada a partir de una línea de debilidad en la matriz de seda. La pupa la abre por fuerza justo antes de emerger como adulto (Epstein, 1996).

Las larvas son muy aplanadas, y en lugar de patas falsas tienen chupones (Wagner, 2005). Las patas torácicas están muy reducidas pero siempre presentes. Se desplaza por contracciones que crean olas de movimiento en vez

de usar las patas. Usan como lubricante una especie de seda licuada para facilitar la locomoción (Epstein, 1996).

Las larvas pueden confundirse con las larvas aplanadas de las orugas de mariposas Lycaenidae, pero éstas tienen patas más largas, son más gruesas, y siempre están cubiertas de densos pelos cortos o cerdas (Marshall, 2006).

El estudio de Mérida, Venezuela, colectó dos morfoespecies de esta familia, las cuales no fueron identificadas (Barrios *et al.*, 2012).

**Pterophoridae.** De vuelo nocturno, pequeños o de tamaño mediano (de 7 a 40 mm). Sus especies son de cuerpo fino y patas largas. Cuando se posan, mantienen sus alas hacia los lados y enrolladas una sobre otra, formando ángulo recto con su cuerpo. Característica de esta familia, es la presencia de una hilera de escamas en la superficie inferior de cada ala posterior, a lo largo de la vena M3 y CU2. Estas escamas semejan escamas androconiales, pero están presentes tanto en machos como en hembras.

Se reconocen tres subfamilias: Agdistinae, Platyptiliinae y Pterophorinae. En Agdistinae las alas no son hendidas. Los Platyptiliinae tienen sus alas anteriores hendidas una o dos veces y las alas posteriores con dos hendiduras, y el lóbulo dorsal del ala posterior posee sólo una vena. Los Pterophorinae tienen sus alas anteriores hendidas sólo una vez y las alas posteriores dos veces, y el lóbulo dorsal del ala posterior tiene dos venas (Palmer, 1992).

Las plantas hospederas de las larvas se encuentran dentro de una gran variedad de familias. *Ochyrotica fasciata* de la subfamilia Agdistinae puede ser encontrada comiendo hojas de camote. Especies de las otras subfamilias se alimentan de plantas de familias tales como Asteraceae, Gentianeaceae,



Rosaceae, Labiatae, Scrophulariaceae, etc. En el neotrópico, la biología de la mayor parte de las especies es aún desconocida. Debido a lo difícil de la identificación de las especies utilizando las características externas, el examen de la genitalia interna es muy útil.

#### 4.2.2.3. COLEÓPTEROS EN *Theobroma cacao*.

Las principales especies de coleópteros que atacan al cacao pertenecen a la familia Curculionidae, subfamilia Scolytinae, escarabajos que atacan a una gran variedad de especies vegetales maderables. Los Scolytinae son insectos comúnmente conocidos como coleópteros descortezadores o ambrosiales debido a su forma de alimentarse. Existen especies que restringen su actividad reproductiva a una planta huésped o a un número reducido de ellas, otras son altamente polífagas con preferencias para invadir árboles muertos, recién cortados o moribundos y algunos pueden atacar árboles vivos bajo ciertas condiciones (Wood, 1982; Rudinsky, 1962).

Las especies del género *Xyleborus* (Figura 6.) se alimentan de hongos ambrosiales que cultivan en las paredes de los túneles que barrenan. Los machos son raros y han perdido la capacidad de vuelo; solamente las hembras buscan un nuevo huésped y establecen una nueva colonia y construyen túneles que puede ser simples o complejos según el sistema de ramificaciones que produzcan (Wood 1982). Particularmente en el Ecuador, el problema de la presencia de *Xyleborus* sp. es que causa la enfermedad del Mal de Machete, causado por el hongo *Ceratosystis fimbriata*.

***Xyleborus ferrugineus*:** Las hembras de *X. ferrugineus* son de cuerpo cilíndrico, de 2 a 3.3 mm de longitud, color café rojizo. Declive elitral aplanado,

con pendiente moderada; en la base de la interestría I hay uno o dos gránulos pequeños; en la parte media del declive en la interestría III se encuentra un dentículo prominente y puntiagudo que sirve para reconocer con facilidad a esta especie. El macho es más pequeño que la hembra, de 1.8mm de longitud. Con respecto al ciclo de vida y hábitos, se presentan múltiples generaciones por año, con estados sobrepuestos. Sólo las hembras son capaces de volar, los machos no, debido a que éstos no pueden desplegar sus alas. Las hembras viven de manera comunal, haciendo galerías multi-ramificadas. Introducen hongos ambrosiales, los cuales colonizan la madera y se reproducen en ella, las estructuras de reproducción se forman en la luz de las galerías y constituyen el alimento para adultos y larvas; dichas larvas viven libremente dentro del sistema de galerías, sin estar en nichos especiales. Cuando maduran pupan en el interior de las galerías y los nuevos adultos salen por los orificios de entrada de las madres. Son insectos sub-sociales en donde hay reproducción por partenogénesis. Existe una baja producción de machos (Cibrián *et al.*, 1994).

*Xileborus ferrugineus* es un insecto considerado polífago debido a la gran diversidad de plantas que utiliza como huéspedes, entre las cuales se encuentran: *Colubrina arborescens*, *Erythrina americana*, *Arctocarpus altilis*, *Glyricidia sepium*, *Diphysa robinoideis*, *Theobroma cacao*, *Mangifera indica*, *Spondias mombin*, *Tabebuia rosea*, *Swietenia macrophylla*, *Acacia gaumeri*, *Aspidosperma megalocarpon*, *Bursera simaruba*, *Bombacopsis quinatum*, *Brosimum alicastrum*, *Cecropia obtusifolia*, *Cedrelinga odorata*, *Citrus* spp., *Dendropanax arboreum*, *Inga* spp., *Lonchocarpus margaritensis*, *Lysiloma bahamensis*, *Manilkara zapota*, *Quercus* spp., *Heliocarpus pallidus*, *Ficus* sp., *Urera* sp. *Sciadodendro excelsum*, *Thouinidium decandrum*, *Acrocarpus*

*fraxinifolius*, *Vitex guameri*, *Eucalyptus* spp. *Dialium guianense*, *Terminalia amazonica*, *Rheedia* sp., *Heliocarpus appendiculatus* (Rangel et al., 2012).

***Xyleborus affinis*:** El declive elitral de las hembras de *X. affinis* es gradualmente convexo, con superficie opaca, gránulos pequeños de igual tamaño en las interestrías declivales I y III; vestidura de setas largas evidentes, coloración amarillenta a café rojizo; longitud de 2.0-2.7mm

*Xyleborus affinis*, igual que *X. ferrugineus*, es una especie polífaga que ataca a una gran variedad de plantas que utiliza como huéspedes, entre ellas están: *Dhiphysa robinoide*s, *Theobroma cacao*, *Mangifera indica*, *Colubrina arborescens*, *Tabebuia rosea*, *Ficus tecolutensis*, *Swietenia macrophylla*, *Alexa imperatricia*, *Bombacopsis quinata*, *Brosimum*, *Brosimum alicastrum*, *Bursera simaruba*, *B. instabilis*, *Cecropia peltata*, *Cespedesia macrophila*, *Cleythra hondurensis*, *Couma macrocarpa*, *Dendropanax arboreum*, *Eschweilera corrugata*, *E. grata*, *Erythrina costaricensis*, *Icica allisima*, *Lecythia* sp., *Licania* sp., *Miconia globuliflora*, *Pouteria anibaefolia*, *P. egregia*, *Sacoglottis procera*, *Schizolobium* sp., *Sloanea multiflora*, *Spondias purpurea*, *S. mombin*, *Taxodium* sp., *Terminalia amazonia*, *Toulicia pulvinata*, *Trichilia propinqua*, *Metopium brownei*, *Acrocarpus flaxinifolius*, *Cedrela odorata*, *Croton nitens*, *Acacia gaumeri*, *Manilkara zapota*, *Dialium guianense*, *Rheedia* sp (Rangel et al., 2012).

#### 4.2.2.4. HYMENOPTEROS EN *Theobroma cacao*.

Las hormigas son un grupo de himenópteros sociales de gran diversidad, actualmente se conocen alrededor de 11,500 especies descritas en todo el mundo; el neotrópico con un total de 3,100 especies descritas, constituye la región con mayor diversidad (Fernández y Sendoya, 2004).

Todas las especies de hormigas micófagas o cultivadoras de hongo (tribu Attini) son exclusivas de América, en su mayoría habitan los bosques húmedos tropicales de Suramérica. (Escobar *et al.*, 2002) y se agrupan en 12 géneros y alrededor de 210 especies; el 95% de las especies se ubican en la región neotropical y el 5% en el neártico (Mayhé y Jaffé, 1998). Recolectan insectos muertos, excrementos, hojas secas o directamente de las plantas, como sustrato para el cultivo del hongo (Universidad Nacional de Quilmes, 2004). Los géneros *Atta* y *Acromyrmex* (Figura 7.) conocidas comúnmente como hormigas podadoras, arrieras, forrajeras o corta hojas, se diferencian de los otros géneros de hormigas Attini porque cortan material vegetal para el cultivo del hongo; son los géneros evolutivamente más eficientes (varios millones de años) y se considera que concentran la más alta evolución de la sociabilidad en los insectos (Escobar *et al.* 2002).

Las hormigas forrajeras (*Atta* y *Acromyrmex*) cortan material vegetal para el cultivo del hongo, frecuentemente obtenido de plantaciones agrícolas y forestales por lo que se han convertido en una de las cinco plagas más importantes de América Latina (Ricci *et al.* 2005; Escobar *et al.* 2002; Ortiz y Orduz, 2000). Por lo tanto, el conocimiento de aspectos relacionados con la biología y los actores involucrados en el proceso del cultivo del hongo simbiótico, base de la alimentación de esta plaga es muy importante para emprender la búsqueda de alternativas de manejo eficaces y efectivas a largo plazo. En el género *Acromyrmex* se reconocen 24 especies y en el género *Atta* el número de especies reconocidas es de 15. Ambos géneros se encuentran distribuidos entre los 33° de Latitud Norte y los 33° de Latitud Sur del continente americano (desde el sur de los Estados Unidos hasta Argentina). Tienen la distribución de géneros con la

mayor riqueza de especies entre las latitudes 20°S y 40°S y se encuentran desde el nivel del mar hasta los 2.000 a 3.000 metros de altura. Con respecto al rango ecológico o plasticidad ecológica, los dos géneros son considerados muy plásticos, por su capacidad de adaptación frente a cambios en el medio que habitan (Escobar *et al.*, 2002; Mayhé y Jaffé 1998).

Vergara (2005) y Escobar *et al.* (2002) señalan que el ciclo biológico de las hormigas forrajeras tienen metamorfosis completa con un estado inmaduro que dura entre 64 y 91 días; el huevo dura 7 días; la larva de 25 a 52 días; y la ninfa 14 días; el estado maduro dura entre cuatro y siete meses para la mayoría de las castas, exceptuando los soldados que pueden vivir dos años y la reina que sobrevive entre 10 y 25 años (Varón, 2006).

Las hormigas forrajeras tienen la organización social más completa y mejor estructurada en todo el reino animal (Vergara, 2005; Escobar *et al.*, 2002). La población del nido se divide en hormigas permanentes (ápteras) y hormigas temporales (aladas); dentro de las hormigas permanentes se encuentran la reina y las obreras, organizadas en castas formadas por individuos morfológicamente diferentes que desempeñan funciones distintas y específicas a beneficio de la colonia. El tamaño de los individuos pertenecientes a cada casta está relacionado con la función que desempeñan. Fernández (2004) y Escobar *et al.* (2002) señalan que las obreras, constituyen el mayor porcentaje de miembros de la colonia. Son hembras estériles y tienen la responsabilidad de alimentar la colonia y cuidar el nido. Las obreras se dividen en seis castas: exploradoras, cortadoras, cargadoras, escoterías, jardineras y soldados; esta última casta solo se presenta en el género *Atta* (Vergara, 2005). En cada nido solo se encuentra una reina, es la de mayor tamaño y su función es colocar los huevos (hasta 1,500,000

huevos/año) que darán origen a obreras de todas las castas para desarrollar las actividades necesarias para el establecimiento y mantenimiento del nido y la colonia. (Vergara, 2005; Varón, 2006; Fernández, 2004).

Ricci *et al.* (2005) y Escobar *et al.* (2002) describen las castas de hormigas forrajeras, detallando que las exploradoras se encargan de examinar el terreno, seleccionar el material vegetal que debe ser cortado y transportado al nido y guiar a las hormigas encargadas del corte y transporte del material vegetal para lo cual usan una comunicación química (feromonas) que perciben a través de las antenas. Las cortadoras, tienen mandíbulas grandes y su función es cortar fragmentos de material vegetal y en algunos casos transportarlos hasta el nido, aunque el transporte del material vegetal y la extracción de tierra de las distintas cámaras del nido, le corresponde a las hormigas cargadoras. Las hormigas que se encargan de limpiar el material vegetal cuando es transportado hacia el nido o dentro del nido para evitar la entrada de insectos y cuerpos extraños, son las escoterías. Las jardineras son hormigas muy pequeñas que se ocupan de cortar en pequeños fragmentos el material vegetal llevado al nido, cultivar el hongo, cuidar y alimentar a la reina y a las larvas, asimismo, trasladar huevos y pupas dentro y fuera del nido. Pueden representar hasta el 60% de la población total del nido. Los soldados, presentes en el género *Atta*, son las hormigas de mayor tamaño relativo, presentan mandíbulas y cabezas más desarrolladas y fuertes; su función es la defensa del nido y se localizan en las entradas del nido y de los jardines del hongo. Las hormigas temporales, los machos alados y las hembras fértiles aladas (princesas) copulan durante el vuelo nupcial, una vez culminado el vuelo nupcial, los machos caen al suelo y mueren.

Las hembras aladas durante el vuelo nupcial, copulan con varios machos y acumulan esperma para el resto de su vida, son las responsables de la procreación y perpetuación de la especie al formar nuevas colonias. La proporción de sexos en las hormigas temporales es en promedio de seis machos por cada hembra (Vergara, 2005). El ciclo de vida de una colonia de hormigas forrajeras se divide en tres fases: fundación, crecimiento y reproducción.

La fundación de una colonia se inicia cuando una reina recién apareada encuentra un lugar de nidificación. Después de su vuelo nupcial, la reina tiene la capacidad de desplazarse hasta 10 kilómetros para fundar una nueva colonia. Al llegar al suelo la reina se desprende las alas con movimientos fuertes contra el suelo o con las mandíbulas, y excava un orificio en el que se entierra y empieza a formar una cámara (25 a 30 cm); que se observa en la superficie del suelo como un montículo de tierra sin orificio. En la cámara, la reina deglute el inoculo del hongo simbiótico que trae en su cavidad infrabucal desde el nido madre, inicia el cultivo del hongo y la ovoposición de varias clases de huevos, algunos huevos son utilizados para la alimentación de la pequeña colonia mientras las obreras salen al exterior a acarrear material vegetal (Varón, 2006; Vergara, 2005; Fernández, 2003).

Vergara (2005) y Fernández (2003) manifiestan que la colonia inicia la fase de crecimiento cuando la primera generación de obreras entra en maduración. La colonia emerge al exterior y las obreras comienzan a construir el nido y a desarrollar las diferentes actividades de acuerdo a su casta. La función de la reina se reduce a poner huevos y al control feromonal de la colonia. En esta fase, la colonia frecuentemente crece exponencialmente, porque todos los recursos se

orientan a la búsqueda de alimento y a la crianza de nuevas obreras (Fernández, 2003).

El primer informe del hongo simbiótico se remonta a 1874 cuando Thomas Belt descubrió la razón de forrajeo de las hormigas (Escobar *et al.*, 2002). Posteriormente Moller, en 1895, investigó el hongo cultivado por las hormigas del género *Acromyrmex* y lo clasificó como *Rozites gongylophora*. En 1938 Sthael y Kintzel, de manera individual, concluyeron que el hongo cultivado por varias especies de *Atta* podría ser *R. gongylophora*; sin embargo, no había acuerdo entre otros investigadores (Pérez, 1947). Actualmente, se conoce que la mayoría de hongos simbióticos cultivados por las hormigas micófagas pertenecen a la familia Lepiotaceae dentro de la clase basidiomiceto y la tribu Leucocoprineae (Kumar *et al.*, 2006). Varias investigaciones han demostrado que el hongo cultivado por diferentes especies de *Atta* y *Acromyrmex* presenta baja variabilidad genética y escasa evidencia de intercambio genético en regiones geográficas grandes y que *Atta cephalotes*, *Atta laevigata*, *Atta capiguara*, *Atta sexdens rubropilosa*, *Acromyrmex hispidus fallax* y *Acromyrmex crassispinus* cultivan *Leucoagaricus gongylophorus* (Fisher *et al.*, 1994). Numerosos investigadores habían observado que los jardines fúngicos en presencia de hormigas jardineras permanecían limpios pero cuando las hormigas eran removidas se contaminaban rápidamente, sin embargo Currie *et al.* (1999) fue de los primeros en observar hormigas cubiertas de una bacteria filamentosa que posteriormente se identificó en el género *Pseudonocardia*.

Estas bacterias, que se hospedan en estructuras especializadas del exoesqueleto de las hormigas, además de promover el crecimiento de los jardines fúngicos, producen metabolitos secundarios, entre ellos antibióticos con potentes



propiedades específicas inhibitorias del crecimiento de microorganismos que pueden contaminar el jardín y que las jardineras utilizan para mantener los cultivos del hongo simbiótico libres de contaminantes (Currie *et al.*, 1999). La apariencia de jardines de cultivo de hongo libres de patógenos microbiales, gracias al trabajo y cuidado de las jardineras, prevaleció hasta que Currie *et al.* (1999) descubrieron que en más del 60% de nidos de *Atta colombica*, de uno a dos años de edad, se encontraban presentes micoparásitos especializados pertenecientes al género *Escovopsis* (Ascomycota) que, no obstante son capaces de devastar rápidamente los jardines del hongo, han desarrollado una relación mutualista que les permite sobrevivir junto a las hormigas. Algunas investigaciones han demostrado que el crecimiento de *Escovopsis*, es regulado y utilizado por las hormigas como biocontrol del hongo simbiótico (Kumar *et al.* 2006). Análisis filogenéticos han demostrado un único origen común de *Escovopsis* pero se han encontrado cuatro linajes principales (Clavicipitaceae, Nectriaceae, Hypocreaceae y *Escovopsis*) cada uno distintivo de un grupo determinado de hormigas micófagas; siendo *Escovopsis* el linaje que se relaciona con los géneros *Atta* y *Acromyrmex*. En *Atta* spp. se ha reportado la presencia de *Escovopsis weberi* (Currie *et al.*, 2003).

También se ha encontrado la presencia de una levadura negra del género *Phialophora* que crece en la cutícula de las hormigas y se encuentra en mayores concentraciones en las partes del cuerpo de las hormigas donde se localiza el crecimiento de la bacteria *Pseudonocardia*. La levadura negra tiene propiedades antagonistas sobre *Pseudonocardia*, es decir, puede inhibir su capacidad antibiótica sobre *Escovopsis* (Little y Currie, 2007). Así mismo, se ha descubierto que en esta simbiosis también participan bacterias fijadoras de nitrógeno de los

géneros *Klebsiella* y *Pantoea*, que las hormigas inoculan en los segmentos de hojas incorporados al jardín y que son capaces de fijar entre el 45 y 61% del nitrógeno requerido por el hongo y necesario en la dieta de las hormigas, ya que la parte central de los jardines fúngicos donde se concentra la mayor parte de los gongilidios, es la más rica en nitrógeno (Pinto-Tomás et al. 2009). De esta forma, actualmente muchos investigadores están de acuerdo en cuanto a la existencia de una asociación mutualista múltiple entre la hormiga micófaga (*Attini*), el hongo cultivado (*Leucocoprineae*), micoparásitos especializados (*Escovopsis*), la bacteria productora de antibióticos (*Pseudonocardia*), la levadura negra (*Phialophora*) y las bacterias fijadoras de nitrógeno (*Klebsiella* y *Pantoea*) (Pinto-Tomás et al., 2009, Little y Currie 2007; Poulsen et al., 2007; Kumar et al., 2006).

Ugalde (2002) y Patterson (1993) sostienen que la distribución y abundancia de las hormigas forrajeras están asociadas a la modificación de los hábitat terrestres, y se encuentran frecuentemente en territorios disturbados que han sido desprovistos de la vegetación natural para establecer cultivos agrícolas y donde los enemigos naturales, principalmente competidores y depredadores, han sido eliminados. Según Arguello y Gladstone (2001) el manejo de las poblaciones de hormigas forrajeras requiere el uso de diversas técnicas y productos, es costoso, complicado y rara vez eficaz a largo plazo debido a varios factores, entre ellos: su adaptabilidad y distribución en campos agrícolas y urbanos con diversas características edáficas y climáticas. Además, la compleja estructura interna de los nidos y la limpieza interna continua realizada por las hormigas reduce al mínimo la probabilidad de contaminación microbiana del nido.

También es importante considerar que la reina, única responsable de la reproducción de la colonia, se alberga en el interior de las cámaras del nido

donde es muy bien protegida por las obreras, lo que asegura su sobrevivencia y las densidades poblacionales de las diferentes castas necesarias para mantener la colonia. Otro factor es el amplio rango de plantas hospederas y la facilidad que tienen las hormigas de cambiar la preferencia en respuesta a la ausencia de una planta específica. El interés por reducir el daño de las hormigas forrajeras en cultivos y otras plantas de interés económico ha motivado diferentes investigaciones desde hace mucho tiempo. En 1947, Pérez recopiló las estrategias y prácticas de manejo más utilizadas en ese momento, entre las que se incluyó el abandono de campos de cultivos debido a la incapacidad de controlar la invasión de hormigas forrajeras; la promoción del consumo humano de las hormigas reinas y la introducción de enemigos naturales —pájaros, sapos, ranas y algunas especies de mamíferos— eran muy comunes. En la actualidad, medidas de control como la excavación total del nido hasta encontrar a la reina para destruirla, la inundación de los nidos, y el uso de barreras muertas para evitar que las hormigas suban a defoliar las plantas no han caído en desuso y son ampliamente utilizadas (Montoya *et al.*, 2007; Vergara, 2005; Escobar *et al.*, 2002).

El control químico de las hormigas forrajeras se inició en 1900 con el uso de sustancias químicas sintéticas aplicadas con equipos especialmente diseñados o adaptados (Pérez, 1947). Desde entonces, innumerables productos químicos se han utilizado para mantener a las hormigas forrajeras por debajo de umbrales de riesgo económico para los cultivos agrícolas sin obtener resultados efectivos a largo plazo ni bajo impacto ambiental. El producto más utilizado y eficiente, fue el dodecacloro conocido comercialmente como Mirex, este producto se retiró del mercado por su persistencia en el suelo, alto potencial de movilidad ambiental y

su capacidad de acumularse progresivamente en la cadena alimenticia (ATSDR, 1995).

En la actualidad, algunos productos químicos disponibles comercialmente en forma de cebos granulares como Sulfluramida (Mirex S® y Dinagro S), fipronil (Blitz), clorpirifos (Pikapau y Attamix SB) y aldrín (Hormitox) presentan menor efecto residual en el ambiente pero también son menos eficientes para el manejo de las hormigas, lo que implica un mayor número de aplicaciones, además tienen un precio poco accesible para los pequeños agricultores. En la búsqueda de alternativas de manejo menos residuales en el ambiente, investigaciones recientes se han enfocado al manejo de las hormigas forrajeras usando 16 controladores biológicos, así como extractos y otros metabolitos vegetales (Caffarini *et al.*, 2006; Gruber y Valdivia, 2003; Palacios y Glandstone, 2003).

Una de las formas de presentación para los productos destinados al manejo de hormigas forrajeras son los cebos; que se describen como formulaciones creadas para atraer plagas y provocarles la muerte y se clasifican como formulaciones diversas para usos especiales (OMS-FAO, 2004). Entre las ventajas del uso de cebos se menciona la especificidad, aplicación localizada, poco impacto ambiental y bajo costo económico. Como desventajas se cita que en ocasiones la plaga prefiere los cultivos y pueden ser atractivos para niños y animales domésticos y silvestres (Caffarini *et al.*, 2006). En la composición de cebos granulados generalmente se incluyen tres tipos de sustancias: ingrediente activo, atrayente y excipientes, coadyuvantes o portadores inertes (Caffarini *et al.*, 2006; Varón, 2006; Naccarata y Jaffe, 1989). El atrayente utilizado para la elaboración del cebo debe ser seleccionado cuidadosamente porque de este dependerá que el ingrediente activo pueda ejercer su acción sobre la plaga. En el

caso de las hormigas forrajeras, atrayentes alimenticios como las pulpas o aceites esenciales de diferentes especies cítricas, jugo de piña, hojuelas de avena, germen de trigo, melazas, salvado de arroz, harinas y aceites de diferentes leguminosas; han dado buenos resultados para elaborar cebos de aplicación inmediata (Cafarini et al., 2006; Varón, 2006; López y Orduz, 2003; Palacios y Glanstone, 2003). La función de los excipientes o coadyuvantes es facilitar la acción del plaguicida, y a pesar que no poseen actividad biológica sobre la plaga, favorecen la consistencia, forma y estabilidad de la formulación.

Para evaluar la calidad de una formulación es necesario realizar una serie de ensayos y pruebas fisicoquímicas y toxicológicas que permitan constatar especificaciones de eficacia del producto, la seguridad de la aplicación y el impacto ambiental (OMS-FAO, 2004). Algunas de las pruebas que se les realiza a los cebos granulados son contenido de agua, densidad aparente, rango nominal de tamaño, pulverulencia, resistencia a la abrasión, acidez (rango de pH) y estabilidad a temperatura elevada; además de pruebas de identificación y cuantificación del ingrediente activo y descripción física del formulado (OMS-FAO 2004). Sin embargo, en las investigaciones recientes los cebos preparados para verificar el efecto de metabolitos vegetales, hongos entomopatógenos y antagonistas se han formulado para ser aplicados inmediatamente después de prepararse (Caffarini *et al.*, 2006; Varón, 2006; Naccarata y Jaffe, 1989), es decir que se ha considerado exclusivamente la actividad biológica del formulado pero no la estabilidad química ni biológica del producto en el tiempo.

Para formulados bioplaguicidas, o sea aquellos que contienen productos derivados de animales, plantas, bacterias y ciertos tipos de minerales, se recomienda la evaluación fisicoquímica y biológica. Mazariegos (2003) propone

entre los análisis más importantes a evaluar el porcentaje de humedad, rango de acidez, concentración o número de conidios, viabilidad, eficacia y estabilidad. Las formulaciones biológicas para el manejo de hormigas forrajeras son actualmente una de las alternativas al uso de agroquímicos. Las experiencias más exitosas se han reportado en Cuba y en Colombia. En Cuba, Pérez (2002) manifiesta que se han obtenido efectividades biológicas sobre *Atta insularis* superiores al 90% al utilizar la cepa MB-1 de *Beauveria bassiana* a una concentración de  $2,5 \times 10^9$  conidios por gramo. La mayor efectividad se reporta 72 horas después de la aplicación de 15 a 30 gramos del biopesticida directamente a cada entrada activa del nido. López y Orduz (2003) formularon en Colombia, un cebo de aplicación inmediata que contenía como ingrediente activo una mezcla de *Metarhizium anisopliae* y *Trichoderma viride* y produjo una mortalidad del 100% sobre nidos de *Atta cephalotes* Linnaeus. Varón (2006) formuló en Costa Rica, un cebo utilizando *Paecilomyces* spp. (Cepa 0484) al 1% (p/p) como ingrediente activo y encontró que su eficacia sobre *Atta cephalotes* fue menor comparada con los testigos sulfluramida y octaborato de sodio, pero redujo significativamente la actividad en el nido.

En cuanto a la utilización de metabolitos vegetales se informa que la aplicación de torta molida de neem a nidos de hormigas forrajeras del género *Atta* (2 kg/30 litros de agua/nido) produce una reducción de la actividad de las hormigas después de un mes de tratamiento y una posterior inactividad del mismo, aunque se requiere realizar hasta seis aplicaciones en nidos grandes lo que significa un costo elevado para los agricultores (Gruber y Valdivia, 2003). Aunque existen numerosas investigaciones dirigidas a la búsqueda de ingredientes activos promisorios para el manejo de las hormigas forrajeras, se ha

priorizado la exploración de ingredientes con acción insecticida (Caffarini *et al.* 2006; Varón, 2006; Pérez, 2002; Ortiz y Orduz, 2000), lo que hace probable que no causen la muerte de la colonia sino únicamente disminuya su actividad por periodos de tiempo cortos mientras nuevas generaciones de hormigas sustituyan a la población que ha sido exterminada.

## 5. CONCLUSIONES

Si bien existe un sinnúmero de artículos e investigaciones sobre las relaciones entomológicas que existen alrededor del cacao, en el Ecuador no se cuenta en la actualidad con un trabajo investigativo sistemático sobre aquellas relaciones ecológicas establecidas.

La polinización, y por ende la germinación de *Theobroma cacao* es exclusivamente entomológica y especializada. Los mosquitos ceratopogónidos constituyen la base de la producción de una plantación de cacao, y de acuerdo a la bibliografía, esta relación es muy antigua y es posible que se encuentre en un proceso de co-evolución.

Una plaga de insectos en particular llama la atención por sus efectos nocivos sobre la planta de cacao: el curculiónido *Xyleborus*, ya que estos escarabajos no solamente roen y descomponen el tronco del cacao, aparte de esto transmiten enfermedades fungosas muy graves que terminan con la planta.

Existen relaciones específicas de parasitismo hacia especies plaga que deben ser investigadas, validadas y utilizadas en nuestro medio.

El orden Lepidoptera es el que muestra mayor diversidad de familias y especies presentes en el dosel de cacao, siendo la mayoría de estas polillas nocturnas. El problema de defoliación que causan éstas es mínimo pero puede volverse grave si no se toma medidas.



A pesar de que los insectos no constituyen un problema grave en cuanto a pérdidas económicas en plantaciones de cacao, pueden ocurrir infestaciones puntuales que responden a variables específicas, que resultan dañinas para una plantación.

## 6. RECOMENDACIONES

La investigación de la entomofauna del cacao debe estar enfocada hacia la utilización de especies parasíticas y depredadoras de aquellas que constituyen un problema. Si bien ya se han identificado algunas especies parasíticas / depredadoras, no se conocen sus ciclos de vida, y tampoco existen estudios sistemáticos sobre el tema en nuestro medio.

El cacao como sistema agroforestal se constituye una herramienta de conservación que puede ser utilizada por parte de los pequeños productores para prestar servicios ambientales.

El cacao, al ser manejado como un sistema agroecológico, presta servicios ambientales que pueden llegar a tener un valor monetario dentro de sistemas como por ejemplo los Mecanismos de Desarrollo Limpio, a pesar de que se están dando los pasos en ese respecto, es necesario hacer énfasis en ese respecto y trabajar con los productores.

Al ser el cacao un cultivo que depende de polinización entomófila, es necesario excluir de su manejo el uso de insecticidas sistémicos, pues estos destruyen toda la entomofauna existente en el cultivo, tanto benéfica como plaga, de ahí la necesidad de aumentar la investigación sobre aquellas especies que parasíticas y depredadoras.

Los hongos entomopatógenos también son una alternativa de combate contra plagas del cacao, a pesar de que la información y el conocimiento sobre los mismos es escasa en nuestro medio. Es necesario impulsar campañas de uso de las variedades de hongos entomopatógenas disponibles.

Los métodos culturales de manejo de plagas constituyen una alternativa para el combate de las mismas. Se requiere de mayor capacitación respecto a ciclos de vida de algunas plagas de manera que el productor pueda conocer en qué momento actuar ante una infestación.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anikwe, J., Okelana F. Evaluation of Field Damage and Chemical Control of Outbrake of *Sahlbergella singularis* Haglund in a Cocoa Plantation in Ibadan, Nigeria. **World Journal of Agricultural Sciences**, 5:190 – 194, 2009.
- Arango, J.U., Sinigui, A. Manejo de la sanidad vegetal en el bosque tropical húmedo: el caso de las hormigas arrieras en Chageradó. **Revista de agroecología LEISA**, P. 28- 31, 2009.
- Arguello, H; Gladstone, S.M. **Guía ilustrada para la identificación de especies de zompopos (Atta spp. y Acromyrmex spp.) presentes en El Salvador, Honduras y Nicaragua**. PROMIPAC. Carrera Ciencia y producción, Zamorano, Honduras, 2001. P. 34.
- Asogwa, F. Prospects of Botanical pesticides from neem, *Azadirachta indica* for routine protection of cocoa farms against the brown cocoa mirid – *Shalbergella singularis* in Nigeria. **Journal of Medicinal Plants Research**, 4: 1 – 6, 2010
- US Department of Health and Human Services. Toxicological Profile for Mirex and Chlordecone. **ATSDR, Agency for Toxic Substances & Disease Registry**. 1995
- Ayenor, G. Caspid Control for Organic Cocoa in Ghana: results of participatory learning and action research. **Tropical Resource Management Papers**. 2006.
- Barahona, J. V. Manual del Cultivo del Cacao. Estación Experimental Tropical “Pichilingue”. 1987. Quevedo. P. 109.
- Barrios Katty, Mazón Marina, Chacón María, Otero Daniel, Gaviria Juan. Comunidad de Lepidópteros asociados a *Theobroma cacao* L. en dos agroecosistemas con diferente manejo de sombra (Mérida, Venezuela). **Revista Ecotrópicos, Sociedad Venezolana de Ecología**, 25 (2): 49 – 60, 2010.
- Brew, A.H. **Studies on cocoa pollination in Ghana**. In 9<sup>th</sup> International cocoa research conference. 1984. P. 567 – 571.
- Brown, J. W. Totricidae (Lepidoptera). **In World Catalogue of Insects**. Apollo Books, Stenstrup, Denmark, 2005. 5:1 – 741.
- Caffarini, P., Carrizo, P., Pelicano, A. Extractos cítricos como atrayentes para cebos hormiguicidas con sustancias naturales. **Revista Facultad de Ciencias Agrícolas UNCuyo**, 38(1):19-26, 2006.
- Carvalho, A. Dinámica poblacional del chinche (*Monalonion dissimulatum* Distant) y daño de mazorcas en oplantaciones orgánicas de cacao del Alto Beni, Bolivia. **Agroforesteria en las Américas**, CATIE, Costa Rica. P. 92, 2010.
- Chacoff, Natacha. **Los ecosistemas naturales como fuente de polinizadores para *Citrus paradisi* en el perdemonte de “Las Yungas”**. Tesis Ph.D. Tucuman. Universidad Nacional de Comahue, 2006. P. 168.

- Cibrián, D., J. Méndez, R. Campos, O. Yates III & J. Flores. **Insectos Forestales de México/Forest insects of Mexico**. Universidad Autónoma Chapingo, 1994, Estado de México, México.
- CONABIO. **Theobroma cacao**. Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad. México. 2012.
- Coto, D., Saunders. **Isectos plaga de cultivos perennes con énfasis en frutales en América Central**, 2004. CATIE.
- Currie, C.R., Scott, J.A., Summerbell, R.C., Malloch D. Fungus-growing ants use antibioticproducing bacteria to control garden parasites. **NATURE**, Vol. 398:701-704, 1999.
- Currie, CR; Wong, B; Stuart, AE; Schultz, TR; Rehner, SA; Mueller, UG; Sung, GH; Spatafora, JW; Straus, NA. Ancient tripartite coevolution in the attine ant-microbe symbiosis. **Science**, 299:386-388, 2003.
- Dunning, D.C., Roeder, K.D. Moth sounds and the insect-catching behavior of bats. **Science**, 147:173–174, 1965.
- Edwards, E.D., Gentili, P., Horak, M., Kristensen, N.P. and Nielsen, E.S. **The cossoid/sesioid assemblage**. Ch. 11, pp.183–185 in Kristensen, N.P. (Ed.). *Lepidoptera, Moths and Butterflies*. Volume 1: Evolution, Systematics, and Biogeography. Handbuch der Zoologie. Eine Naturgeschichte der Stämme des Tierreiches / Handbook of Zoology. A Natural History of the phyla of the Animal Kingdom. Band / Volume IV Arthropoda: Insecta Teilband / Part 35: 491 pp. Walter de Gruyter, Berlin, New York, 1999.
- Epstein, M.E. Revision and phylogeny of the limacodid-group families, with evolutionary studies on slug caterpillars (Lepidoptera: Zygaenoidea). **Smithsonian Contributions to Zoology**, No. 582, 1996.
- Escobar Duran, R., García Cossio, F., Rentería, N.Y., Neita M. **Manejo y control de hormiga arriera (Atta spp & Acromyrmex spp) en sistemas de producción de importancia económica en el departamento del Chocó**. Cartilla 1 y 2. Ministerio de Agricultura PRONATTA, Universidad Tecnológica del Chocó, 2002. CO. 53 p.
- Farji Brener, AG. Influencia de la estacionalidad sobre los ritmos forrajeros de *Atta laevigata* (Hymenoptera: Formicidae) en una sabana tropical. **Revista Biología Tropical**, 41(3):897-899, 1993.
- Fernández, F; Sendoya, S. **Lista de las hormigas neotropicales (Hymenoptera: Formicidae)**. Biota colombiana, 2004. 5(1):1-93. Monográfico.
- Fish Durland, Soria Saulo. Water-holding (fitotelma) as larval habitats for ceratopogonid pollinators of cacao in Bahia, Brazil. **Revista Theobroma (Brasil)** Vol 8, pg. 133-146, 1978.
- Fisher, P.J., Stradling, D.J., Pegler, D.N. *Leucoagaricus basidiomata* from a live nest of the leaf-cutting ant *Atta cephalotes*. **Mycol. Res**, 98: 884–888, 1994.
- Flood, J. **Cocoa Under Attack**. CABI – EDERACAFE, 2004. P. 33 – 53.

- Fullard, J.H., Simmons, J.A., Sailant, P.A. Jamming bat echolocation: the dogbane tiger moth *Cycnia tenera* times its clicks to the terminal attack calls of the big brown bat *Eptesicus fuscus*. **Journal Exp Biol**, 194:285–298, 1994.
- Girón J., García R., Vásquez H., Ceballos M., Méndez E., Xocolatl: antes alimento de los dioses, y ahora... **La Ciencia y el Hombre, Revista de divulgación científica y tecnológica de la Universidad Veracruzana**, Vol XXV, No 3, 2012.
- Goitia, Fernando, **Estructura de la flor de cacao**, 1992.
- Gruber, A.K., Valdivia, J.K. **Control de Atta spp. con prácticas agrícolas e insecticidas botánicos**. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología, 2003. 67: 87-90.
- Horak, M. The Tortricidae. In N.P. Kristensen (ed.). **Handbook of zoology, Lepidoptera, Moths and Butterflies**, Vol 1: Evolution, Systematics and Biogeography. Walter de Gruyter, Berlin, New York, 1998. P. 199 – 215.
- Hristov, N.I., Conner, W.E. **Sound strategy: acoustic aposematism in the bat-tiger moth arms race**. *Naturwissenschaften*, 2005. 92:164–169. DOI:10.1007/s00114-005-0611-7
- ICCO. **Production of cocoa beans**. 2012.
- Kaufmann T. Studies on the ecology and biology of a cocoa pollinator, *Forcipomyia squamipennis* L. & M. (Diptera, Ceratopogonidae), in Ghana, Cocoa Research Institute. **Bulletin Entomology Research**, No 65, pg 263-268, U.S.A, 1975.
- Kumar, H; Patole, MS; Shouche, YS. Fungal farming: a story of four partner evolution. **Current Science**, 90(11):1463-1464, 2006.
- Lavabre, E. **Importance économique des miriades dans la cacaoculture mondiale**. G.P. Maisonneuve & Larose, 1977. P. 139 – 153.
- Little, A.E.F., Currie, C.R. Symbiotic complexity: discovery of a fifth symbiont in the attine ant-microbe symbiosis. **Biology letters**, 3: 501-504, 2007.
- Longino, JT; Hanson, PE. The ants (Formicidae). In Hanson, PE; Gauld, ID. eds. **The hymenoptera of Costa Rica**. New York. US, 1995. P. 588-620.
- López, E., Orduz, S. *Metarhizium anisopliae* y *Trichoderma viride* for control of nests of the fungus-growing ant, *Atta cephalotes*. **Biological Control**, 27:194–200, 2003.
- Maes, J. Insectos asociados a algunos cultivos tropicales en el Atlántico de Nicaragua. **Revista Entomológica de Nicaragua**. P. 260, 2004.
- Mayhé-Nunes, AJ; Jaffé, K. On the biogeography of Attini (Hymenoptera: Formicidae). **Ecotropicos**, 11(1): 45-54, 1998.
- Marshall, S.A. Insects: **Their natural history and diversity**. Firefly Books, 2006.

- Martins, F. **Estudo da viabilidade técnica da implantacao de pomar de Cacau e banan consorciados no municipio de Tucuma – PA.** UPIS, editor, 2005. Planaltina Distrito Federal – Brasil.
- Mazariegos, L.A. **Production of biopesticides by the columbian company Laverlam.** In Roettger, U; Muschler, Reinhold. Eds. **International symposium on biopsticides for developing countries (2003: Turrialba, Costa Rica).** PAN, GTZ, CATIE, 2003. P. 111-115.
- Montealegre, J., Rodríguez, D. Patogenicidad del hongo *Beauveria bassiana* sobre la chinche *Monalonion dissimulatum* Distant, plaga del cacaotero *Theobroma cacao*. In **Acta Agronómica.** Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), Tibaitará, 1989.
- Montoya Correas, M., Montoya Lerma, J., Armbrrecht, I., Gallego Roper, M.C. ¿Cómo responde la hormiga cortadora *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Myrmicinae) a la remoción mecánica de sus nidos? **Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle**, 8(2): 1-8, 2007.
- Mohali, S. Ultrastructural and morphological study of the mutualistic fungus of the ant *Atta cephalotes*. **Rev. Ecol. Lat. Am.**, 5(3):1-6, 1998.
- Naccarata, V., Jaffe, K. Formulación y desarrollo de un cebo atractivo tóxico para control de bachacos, *Atta* spp. (Hymenoptera: formicidae) en Venezuela. **Boletín de Entomología de Venezuela**, 5(11): 81-88, 1989.
- Ortiz, A; Orduz, S. **In vitro evaluation of Trichoderma and Gliocladium antagonism against the symbiotic fungus of the leaf-cutting ant Atta cephalotes.** *Micophatologia*, 2000. 150:53- 60.
- OMS-FAO. **Manual sobre elaboración y empleo de las especificaciones de la FAO y de la OMS para plaguicidas.** Preparado por la Reunión Conjunta FAO/OMS para las Especificaciones de Plaguicidas (JPMS). 2004
- Padi, B. **Prospects for the control of cocoa Tropical Perennial Crops (Ed)., capsids – Alternatives to chemical control.** Science Publishers, 1997. P. 28 – 36.
- Palacios, F.Y., Gladstone, S. Eficacia del farnesol y de un extracto de semilla de ayote como repelentes de *Atta mexicana*. **Manejo Integrado de Plagas y Agroecología**, 68: 89-91, 2003.
- Palmer, W.A & Haseler, W.H. Foodplant Specificity and Biology of *Oidaematophorus balanotes* (Pterophoridae): A North American Moth Introduced into Australia for the Control of *Baccharis halimifolia*. **Journal of the Lepidopterists' Society** 46(3), P. 195-202, 1992.
- Patterson, RS. 1993. **Biological control of introduced ant species.** San Francisco, US. Consultado 1 nov. 2008. Disponible en [www.ars.usda.gov/sp2UserFiles/Place/66151015/publications/Patterson-1994\(M-2837\).pdf](http://www.ars.usda.gov/sp2UserFiles/Place/66151015/publications/Patterson-1994(M-2837).pdf)

- Pérez Alcalá, R. **El problema de las hormigas del genero Atta Fabr. en la América**. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1947. Turrialba, CR. Tesis P. 74.
- Pérez R., Trujillo Z. Combate de *Acromyrmex octospinosus* (REICH) (Hymenoptera: Formicidae), con el cebo micoinsecticida BIBISAV-2. **Revista Fitosanidad**. 2002. V6 (2) P. 41-44.
- Pinto-Tomás, A.A., Anderson, M.A., Suen, G., Stevenson, D.M., Chu, F.S., Cleland, W.W., Weimer, P.J., Currie, C.R. Symbiotic Nitrogen Fixation in the Fungus Gardens of Leaf-Cutter Ants. **Science**, 326(5956): 1029-1148, 2009.
- Ramos, Melissa. **Estudio de la diversidad de insectos polinizadores en sistemas agroforestales de cacao y su relación con la productividad y diversidad de especies del dosel**. Tesis de grado. San pedro de Sula. Universidad de San Pedro de Sula, 2011.
- Rangel, R., Pérez, M., Sánchez, S., Capello, S. Fluctuación poblacional de *Xileborus ferrugineus* y *X. affinis* (Coleóptera: Curculionidae) en ecosistemas de Tabasco, México. Scielo, **Revista de Biología Tropical**, Vol 60, No. 4, 2012.
- Regier, J.C., Zwick A., Cummings M.P., Kawahara A.Y., Cho S., Weller S.J., Roe A.D., Baixeras-Almela J., Brown J.W., Parr C.S., Davis D.R., Rppstein M.E. Hallwacs W., Hausmann A., Janzen D.H., Kitching I.J., Solis M.A., Yen S.H., Bazinet A. and Mitter C. **Toward reconstructing the evolution of advanced moths and Butterflies (Lepidoptera: Ditrysia): an initial molecular study**. BMC Evolutionary Biology, 2009. 9:280.
- Ricci, M; Benítez, D; Padin, S; Maceiras, A. **Hormigas argentinas: comportamiento, distribución y control**. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata, 2005. P. 27.
- Riera, Carlos. **Contribución al conocimiento de plagas del cacao: Situación actual y mecanismos de Antixenosis sobre Monalonion dissimulatum Distant. Tesis de grado**.Guayaquil. Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2012.
- Rudinsky, L. Ecology of Scolytidae. Annu. **Rev. Entomol**, 7: 327-348, 1962.
- Salinas, G. **Biología y Ecología del chinche del cacao Monalonion dissimulatum Distant, 1883 (Hemiptera: Miridae) en la región de Sapecho – Alto Beni**. Trabajo de Tesis. La Paz. Universidad Mayor de San Andrés, 1997. P. 95.
- Schuh, R. **Plant Bug Inventory**. Taxonomia de M. dissimulatum. <http://www.discoverlife.org/mp/20q?search=monalolon+dissimulatum&btxt=plant+bug+PBI&burl=http://research.amnh.org/pbi>.
- Scoble, M.J. The **Lepidoptera: Form, Function and Diversity**. Second ed. Oxford University Press, 1995.

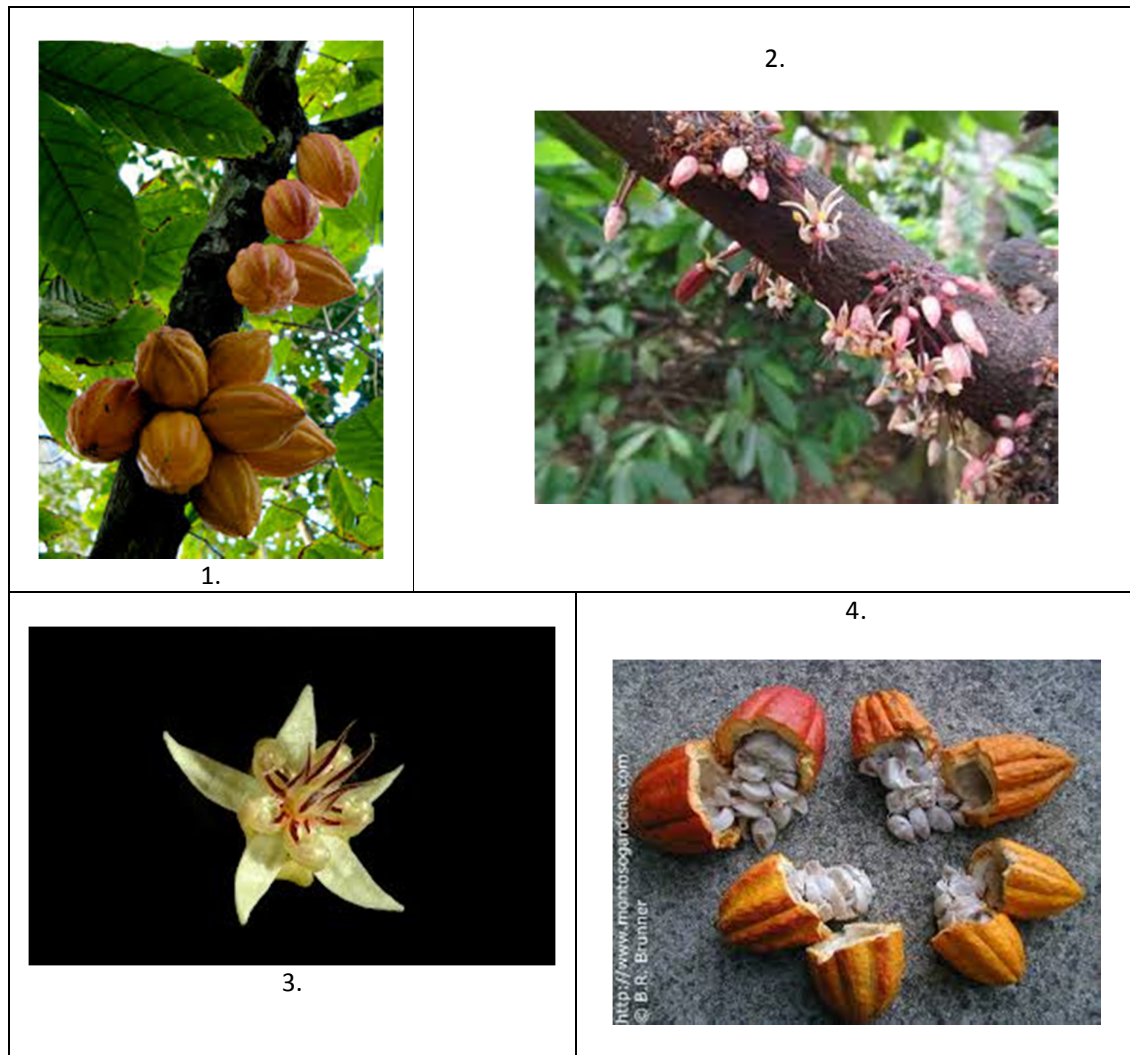


- Simmons, R.B., Weller S.E. **What kind of signals do mimetic tiger moths send? A phylogenetic test of wasp mimicry systems** (Lepidoptera: Arctiidae: Euchromiini). *Proc Roy Soc Lond*, 2002. B 269: 983–990
- Soria S. Locais de coleta e distribuicao de Forcipomyia (Díptera, Ceratopogonidae) relacionadas com a floracao e frutificao do cacaueiro na bahía, Brasil. **Revista Theobroma**, Itabuna, Brasil, Vol. 3 (2):41-49, Abril-Junio 1973.
- Soria S. **Polinizacao natural do cacaueiro: 3 Criacao de mosquinhas Focipomyia spp. (Díptera, Ceratopogonidae) em laboratorio, determinacao de potenciais biótico reproductivo**. CEPEC, 1977-1978.pg 108.
- Ugalde, J.A. **Avispas, abejas y hormigas de Costa Rica: una introducción a las familias de los himenópteros**. Santo Domingo de Heredia, CR. INBio, 2002. P. 180.
- Universidad Nacional de Quilmes. 2004. **Guía para identificación de hormigas cortadoras de la provincia de Buenos Aires**. Programa de investigaciones en interacciones biológicas. Centro de estudios e investigaciones. Buenos Aires, AR. Consultado 12 nov 2008. Disponible en: [http://www.antzgroup.com/cor\\_identificacion.htm](http://www.antzgroup.com/cor_identificacion.htm)
- Vaccaro, NC; Mousques, JA. **Hormigas cortadoras (Géneros Atta y Acromyrmex) y tacurúes en Entre Rios**. XII jornadas forestales de Entre Rios. Concordia, Argentina. Octubre 1997.
- Varón, EH. **Distribution and foraging by the leaf-cutting ant, Atta cephalotes L. In coffee plantations with different types of management and landscape contexts, and alternatives to insecticides for its control**. Tesis PhD. Idaho,US. University of Idaho, 2006. P. 145.
- Villacorta, A. Algunas observaciones sobre la biología de Monalonion annulipes en Costa Rica. **Revista Peruana de Entomología**, 16 (1). P. 18 – 20, 1972.
- Villacorta, A. Fluctuación anual en las poblaciones de Monalonion annulipes y su relación con la “muerte descendente de Theobroma cacao” en Costa Rica. **Revista Peruana de Entomología**, 16 (1). P. 21 – 24, 1973.
- Vergara Castrillón, J.C. **Biología, manejo y control de la hormiga arriera**. Santiago de Cali, CO, Imprenta departamental del Valle de Cauca, 2005.
- Wagner, D.L.. **Caterpillars of Eastern North America**. Princeton University Press, 2005.
- Weller, S.J., Jacobsen, N.L., Conner, W.E. **The evolution of chemical defenses and mating systems in tiger moths (Lepidoptera: Arctiidae)**. *Biol J Linn Soc*, 1999. 68:557–578.

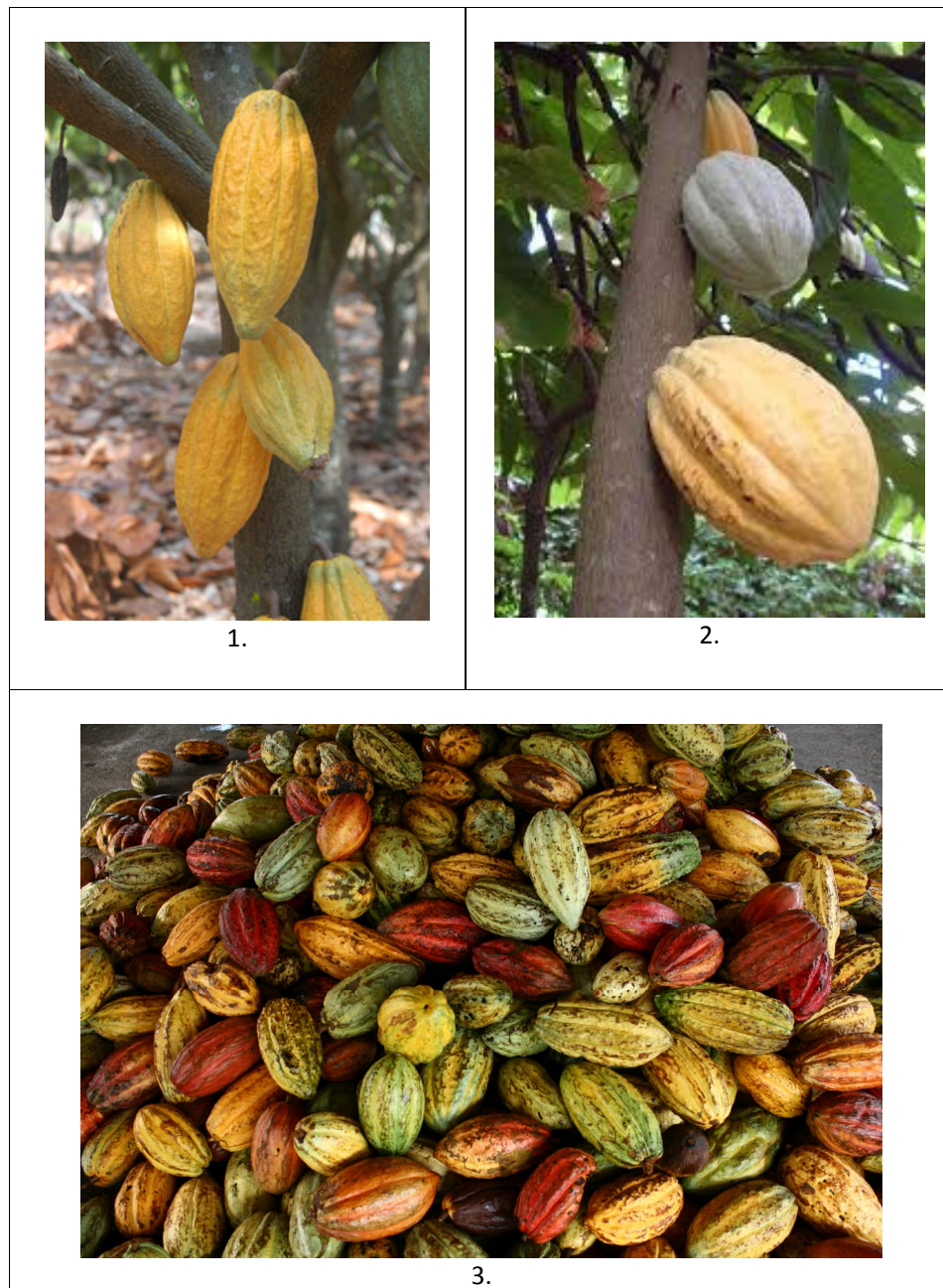
- Williams, G. Field Observation on the cocoa mirids *Sahlbergella singularis* and *Distanella theobromae* in the Gold Coast. Part 1. **Bulletin of Entomological Research**, 44: P. 101-119, 1953.
- Winder A. Field observations on Ceratopogonidae and other Dipteral: Nematocera associated with cocoa flowers in Brazil. **Bulletin Entomological Research**, Vol 67 pg 57-63, 1977.
- Wood, S. The Bark and Ambrosia Beetles of North and Central America (Coleoptera: Scolytidae), a Taxonomic Monograph. **Great Basin Naturalist Memoirs**, 6: 1-1327, 1982.
- Young, H. Seasonal differences in abundance and distribution of cocoa pollinating midges in relation to flowering and fruit set between shaded and sunny habitats of the La Lola coca farm in Costa Rica. **Journal of Applied Ecology**, V20.pg 801-831, 1983.
- Young, A.M. Las plantaciones de cacao. **Geomundo**. 6(8):163-164. 1982.
- Young, A.M. Habitat Differences in Cocoa Tree Flowering, Fruit-Set, and Pollinator Availability in Costa Rica. **Journal of Tropical Ecology**, vol. 2, no. 2: 163-186, 1986.
- Young A. **Agroforestry for soil management**. CAB International, 1997. Wallingford, UK

<http://www.asturnatura.com/familia/noctuidae.html>.

## 8. FIGURAS



**Figura 1.** *Theobroma cacao*: 1. Mazorcas sobre el tronco. 2. Inflorescencia, cojinete floral. 3. Flor. 4. Granos o pepas.



**Figura 2. Tipos de cacao comercial: 1. Criollo, 2. Forastero, 3. Trinitario**

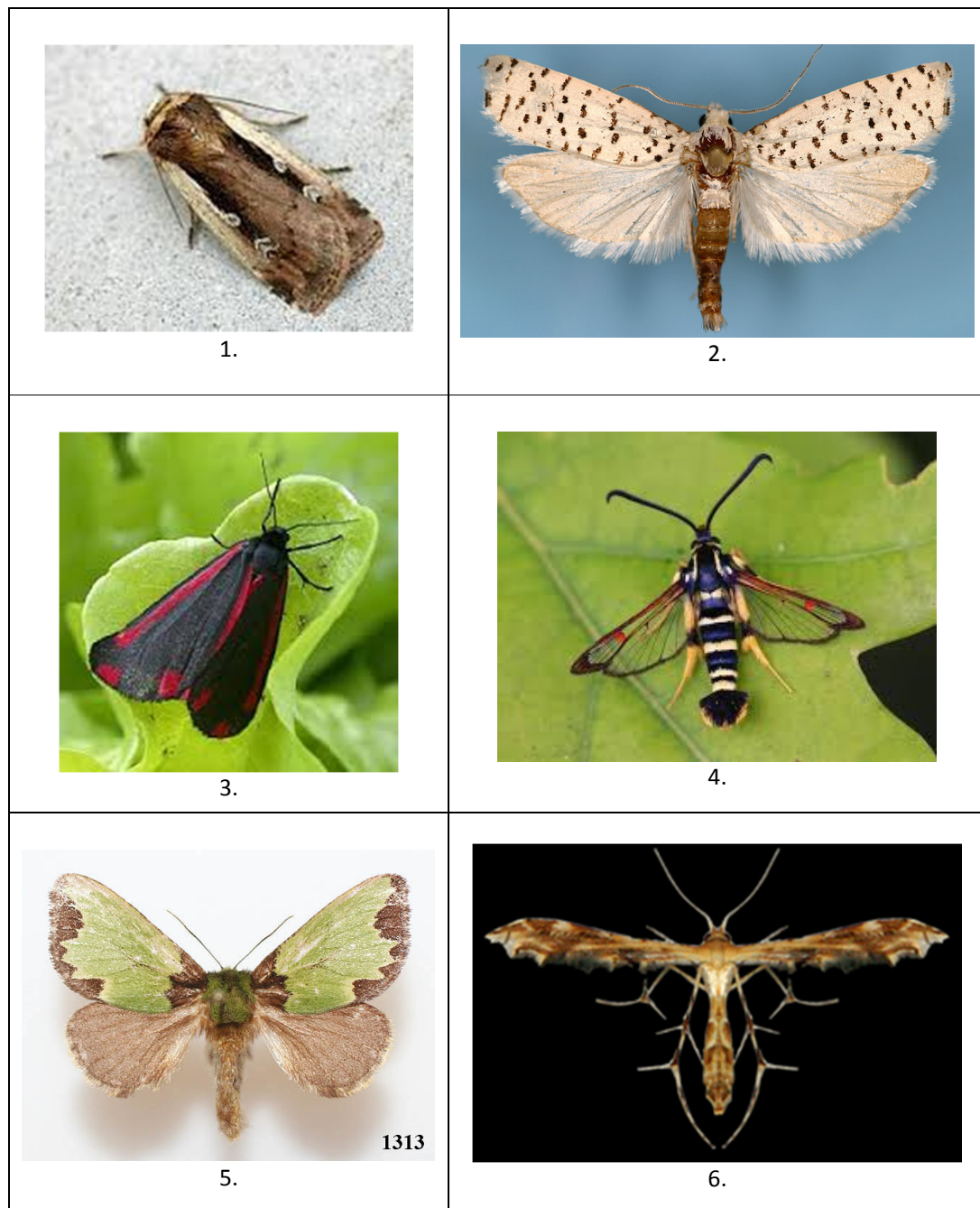


**Figura 3.**        **Diptera, Ceratopogonidogonidae: *Dasyhelea* sp.**

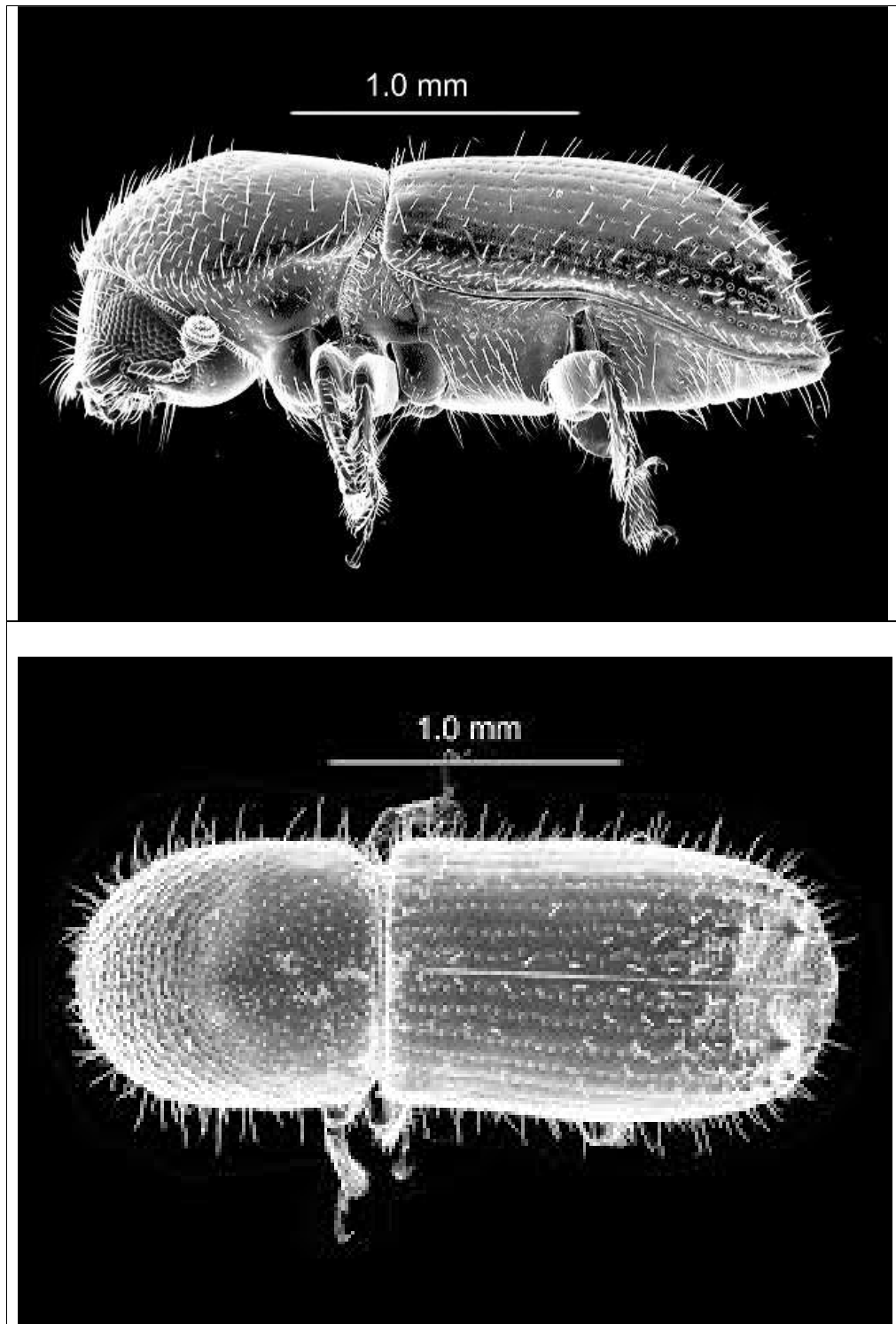


**Figura 4.**        **Hemiptera: Monalolin sp.**





**Figura 5. Lepidoptera:** 1. Noctuidae; 2. Tortricidae; 3. Arctiidae; 4. Sesiidae; 5. Limacodidae; 6. Pterophoridae.



**Figura 6.** Coleoptera: *Xileborus* sp. Vista lateral y dorsal.





**Figura 7.** Hymenoptera: Sup: *Atta* sp.; Inf: *Acromyrmex* sp.

## 9. TABLAS

**Tabla 1. Familia Ceratopogonidae:** Lista de géneros y especies estudiados respecto a la polinización de *Theobroma cacao* en la actualidad.

Orden	Familia	Genero	Especie	Referencia
Diptera	Ceratopogonidae	<i>Atrichopogon</i>	Sp.	Brew, 1984
		<i>Dasyhelea</i>	Sp.	Fish y Soria, 1978; Young, 1982
		<i>Stilobezzia</i>	Sp.	Brew, 1984
		<i>Forcipomya</i>	<i>eurorjoannisia</i>	Brew, 1984; Soria et al., 1980
			<i>squamipennis</i>	Brew, 1984
			<i>ashantii</i>	Brew, 1984
			<i>castanea</i>	Brew, 1984
			<i>inimatipennis</i>	Kaufmann, 1975
			<i>blantoni</i>	Soria et al., 1980
			<i>tuberculata</i>	Soria et al., 1980
			<i>thyridomya</i>	Soria et al., 1980

**Tabla 2. Principales plagas que atacan a *Theobroma cacao*.**

Orden	Familia	Genero	Especie	Daño	Registro
Hemíptera	Míridae	<i>Monalolion</i>	<i>dissimulatum</i>	chupador	América
			<i>Annulipes</i>	chupador	América
			<i>dissimulatum</i>	chupador	América
		<i>Sahlbergella</i>	<i>Singularis</i>	chupador	África
		<i>Distantiella</i>	<i>Teobroma</i>	chupador	África
		<i>Helopeltis</i>	sp.	chupador	África
		<i>Bryocoropsis</i>	<i>Iticollis</i>	chupador	África
Lepidóptera	Noctuidae			cortador	América
	Totricidae			cortador	América
	Arctiidae			cortador	América
	Sesiidae			cortador	América
	Limacodidae			cortador	América
	Pterophoridae			cortador	América
Coleóptera	Curculionidae	<i>Xyleborus</i>	<i>Ferrugineus</i>	Barrena	América
			<i>Affinis</i>	barrena	América
Hymenoptera	Formicidae	<i>Atta</i>	sp.	cortador	América
		<i>Acromyrmex</i>	sp.	cortador	América

## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, Juan José Lecaro Dávila, con C.I. 1709050467, autor del trabajo de graduación intitulado: “Entomología Asociada al Dosel de *Theobromacacao*”, previa a la obtención del grado académico de LICENCIADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales:

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador a difundir a través del sitio web de la Biblioteca de la PUCE el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de la Universidad

Quito, 27 de febrero de 2015

Sr. Juan José Lecaro Dávila

1708050487